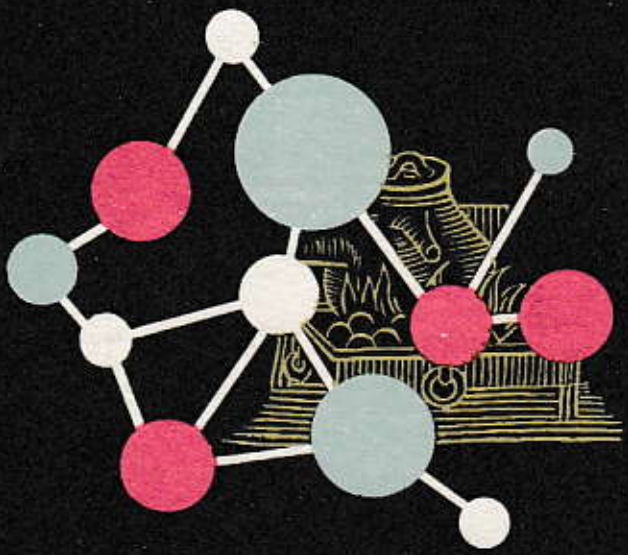


M. Solomon **Lumini în retortă**

ERATĂ

Pag.:	*rîndul:*	*în loc de:*	*se va citi:*	*din vina:*
93	19 de sus	1562—1655	1592—1655	Editurii
112	6 de sus	1767—1745	1667—1745	„
112	9 de sus	1623—1790	1723—1790	„
187	11 de sus	al XVIII-lea	al XIII-lea	„
188	2 de jos	1852	1832	„
280	16 de jos	1852—1914	1852—1919	„
281	13 de sus	1859—1919	1852—1919	„

C. 20.700 — „Lumini în retortă"

Supracoperta și coperta de:

I. Petrescu

54/S.67.

M. Solomon

Lumini în retortă

4639

Editura Ştiinţifică
Bucureşti 1962

Cuvînt înainte

Pasiunea pentru înțelegerea naturii, setea de cunoaștere și de frumos nu sînt, în țara noastră, flori rare. Ele cresc pe toate șantierele socialismului; rădăcinile lor își trag seva din solul marilor acțiuni înnoitoare ale producției, tehnicii și vieții noastre de fiecare zi.

O dată descoperit filonul marilor bucurii ale cunoașterii, nimeni nu-l mai părăsește. Așa se explică interesul mereu mai viu pentru cărțile, conferințele și filmele de popularizare a științei; așa se explică tirajul de masă al unor lucrări științifice din domeniul matematicii, fizicii, biologiei, geografiei, chimiei.

Chimia a determinat în veacul nostru o adevărată revoluție în domeniul materialelor, așa cum fizica a determinat o revoluție în domeniul surselor și a modalităților de utilizare a energiei. Prezența activă în mediul nostru de viață a produselor chimiei moderne — materiale plastice, cauciuc sintetic, antibiotice — alimentează interesul pentru această știință, care a inițiat și a cîștigat o adevărată întrecere cu natura în elaborarea materialelor utile omului.

Pentru oamenii muncii din patria noastră, chimia vorbește — prin cifrele însuflețitoare ale planurilor economice, prin combinatele care traduc în realitate aceste cifre — despre perspectivele imediate ale transformării petrolului și cărbunelui, a sării și gazelor, a stufului, nisipului, apei și aerului în țesături fine, în piese de mașini, în materiale de mobile și case, în obiecte de artă și de uz curent.

Devenită — în condițiile socialismului — un aliat de nădejde al constructorilor noii vieți, știința transformării substanțelor merită pe deplin atenția pe care i-o acordă partidul, interesul de care se bucură în școală, între cercetători și în masele largi de oameni ai muncii din patria noastră.

Popularizării chimiei îi este consacrată lucrarea de față.

Dintre diferitele modalități de tratare a unei discipline pentru nespecialiști sau pentru cei ce se pregătesc s-o studieze în mod sistematic, prezentarea istorică are necontestate avantaje. Ea desfășoară filmul unei permanente ofensive pentru cucerirea fortăreței cunoașterii; ea aduce pe lector sau ascultător în mijlocul problemelor care s-au pus pionierilor cercetării; ea comunică, o dată cu informațiile strict științifice, împrejurările care au dus la

constituirea unei științe, în luptă cu prejudecățile, cu tradițiile anchilozante, cu vechiul.

Cartea de față încearcă o astfel de prezentare a chimiei, fără însă a se substitui unei adevărate istorii a chimiei, care presupune tratarea sistematică a etapelor de dezvoltare, o ierarhizare riguroasă a valorii fiecărei legi și teorii și a contribuției marilor chimiști, o analiză a tuturor liniilor de dezvoltare a chimiei. Paginile ce urmează nu-și propun însă decît să evoce un șir de momente interesante din istoria de milenii a acestei discipline vechi și noi.

Chimia este o știință experimentală în esența ei. În lumina experiențelor chimice — dialoguri între cercetători și natură, cu privire la structura și legile de formare a substanțelor — s-au ivit noțiunile de bază și ideile care constituie fondul teoriilor chimice. Experiența a confirmat sau a infirmat ipoteze, a spulberat erori, a dezvăluit fenomene care scăpau observației directe. Din experiențele de laborator s-au născut procedeele sintezei chimice industriale.

Cartea noastră încearcă să urmărească evoluția activității experimentale în chimie.

Fiind vorba despre o carte de popularizare, care se adresează unui cerc larg de cititori, nu ne-am mărginit la datele și semnificațiile strict chimice ale experiențelor. În cercetarea experimentală se împletesc personalitatea cercetătorului, concepțiile dominante ale epocii, posibilitățile materiale determinate de nivelul forțelor de producție și întreg ansamblul de idei izvorîte din practica de producție și de cercetare. Urmînd determinantele experienței chimice ajungem astfel la viața și formația cercetătorului, la mediul tehnic, social și ideologic în care activează acesta, la momentul istoric în care se desfășoară activitatea experimentală.

În acest fel se restrînge mult numărul momentelor ce pot fi descrise mai amănunțit, dar se obține o imagine mai concretă, mai istorică a lucrurilor povestite. Apare mai pregnant caracterul cercetării științifice ca o luptă continuă pentru depășirea nivelului de cunoaștere atins și ridicarea la altul mai înalt.

S-a pus un accent deosebit asupra momentului de naștere a chimiei moderne pentru a evidenția condițiile în care, din ceața tulbure a alchimiei, în luptă cu dogmele și prejudecățile, s-a ivit cercetarea chimică propriu-zisă, modernă, experimentală, cu rădăcinile înfipte în nevoile reale ale producției sociale și orientată de idei tot mai limpezi, mai apropiate de înțelegerea naturii așa cum este ea, fără adaosuri fantastice.

Urmărind apoi împrejurările în care s-au consolidat noțiunile chimiei moderne și s-au născut primele teorii generalizatoare, s-a ajuns în mod firesc la sublinierea corespondențelor dintre rezultatele concrete ale experiențelor chimice, dialectica naturii și gîndirea dialectică despre natură.

Dacă pentru perioadele dezvoltării chimiei, pînă la sfîrșitul veacului al XIX-lea, s-au putut urmări într-o oarecare măsură diferitele linii de dezvoltare ale chimiei și succesiunea cronologică a constituirii capitolelor acestei științe, pentru chimia veacului al XX-lea, aceasta nu a mai fost cu putință, datorită numărului problemelor și diversității materialului.

Am socotit însă că ar fi cu totul nepotrivit să-l părăsim pe cititor la sfîrșitul veacului al XIX-lea, cu mult înainte de a se fi obținut acele rezultate care au dus la constituirea industriei chimice moderne, înainte de a fi apărut masele plastice și cauciucul sintetic, vitaminele, antibioticele, radiochimia și aplicațiile ei.

De aceea în partea a III-a și a IV-a s-au tratat mai sumar și fără a cuprinde toate ramurile, unele dintre principalele direcții de dezvoltare ale chimiei contemporane. S-a urmărit astfel familiarizarea cititorului cu cele mai importante noțiuni ale chimiei actuale.

Sîntem conștienți că această lucrare are lipsuri, că pe viitor ea va necesita completări, îmbunătățiri de conținut și de formă. Editura și autorul vor fi recunoscători cititorilor pentru observațiile critice și sugestiile ce le vor face.

Autorul mulțumește, pe această cale, tovarășilor prof. univ. Petre Spacu și Gheorghe Costeanu și tuturor celor ce l-au sprijinit prin binevoitoarele lor sugestii și observații în cursul elaborării și definitivării acestei cărți.

Partea întîi

I. Experimentatori anonimi

De-a lungul mileniilor, cu mult înaintea apariției chimiei ca știință experimentală și teoretică, cu mult înainte ca numele acestei științe să fi fost rostit pentru prima dată, oamenii au acumulat, prin experiența lor de zi cu zi, un vast material de cunoștințe și procedee în legătură cu transformarea substanțelor din natură, — operă colectivă și anonimă a unui lung șir de generații.

Este de ajuns să enumerăm cîteva dintre cele mai vechi invenții și descoperiri pentru a ne da seama ce au însemnat ele în istoria civilizației omenești. Extragerea cuprului din minereuri... Fabricarea bronzului... Fierul... Oțelul... Fabricarea vopselelor din pămînțeluri și grăsimi animale... Cositoritul vaselor... Lacul chinezesc... Praful de pușcă... Sticla... Porțelanul... Hîrtia... Tăbăcitul pieilor și pergamentul... Extragerea parfumurilor, a culorilor și a sucurilor tămăduitoare din plante... Vinul și oțetul... Uleiul de măsline... Alifiile și plasturii de leac preparați cu rășini naturale... Săpunul moale... Zincul, antimoniul, plumbul, argintul, mercurul, cinabrul...

Nimeni nu poate asocia — cu certitudinea adevărului istoric — un nume de inventator vreuneia din aceste creații ale geniului uman. Unele invenții și meșteșuguri apar învăluite de nimbul legendei. Chiar și după inventarea scrisului, consemnările sînt nesigure, iar numele pe care le găsim legate de vreo invenție sînt nume de conducători politici, de faraoni și împărați, sau de cronicari care au înregistrat pentru generațiile următoare evenimentele epocii lor.

Ceea ce se poate afirma cu toată siguranța este indisolubila legătură dintre aceste invenții și munca productivă. Ele sînt în fond momente ale anevoiosului proces istoric de perfecționare a producției de bunuri materiale, ale dezvoltării forțelor de producție.

Primele cunoștințe despre prefacerea substanțelor naturale le-au dobîndit oamenii epocii de piatră, în jurul focului.

În vîlvătaia care lumina și încălzea peșterile și colibele primitive se petreceau prefaceri uimitoare. Carnea crudă căpăta frăgezime și un gust deosebit de plăcut. Grăsimea cărnii se topea și ardea în flacăra pîlpîitoare. Lemnul se prefăcea în scrum sau mangal. Lutul se întărea; iar împletitura de nuiele unsă cu lut ardea și oala rămînea bună pentru păstrat și cărat apă. Ramurile plantelor cu sucuri colorate își arătau la foc însușirile. Arzînd, rășina de molid umplea încăperea cu mirosul ei plăcut. Pietrele se înfierbîntau și

multe dintre ele se sfărîmau, prefăcîndu-se în prafuri colorate care, în amestec cu grăsimea prelinsă din carnea friptă sau cu măduva oaselor, dădeau boieli roșii sau galbene. Amestecul de făină cu apă, frămîntat și pus să se usuce la soare — pîinea cea dintîi a oamenilor — se cocea la căldura focului mai bine decît la soare.

În jurul focului și cu ajutorul lui a învățat omul să topească pietrele din care curgea arama; în jurul focului a învățat să topească și să ciocănească aurul și argintul strălucitor.

Oamenii din neolitic încălzeau apa cu pietre înfierbîntate la flacără, pe care le introduceau în vase mari cu apă. Au putut astfel observa ce se întîmplă cu diferite soiuri de piatră sub acțiunea flăcării și la cufundarea lor în apa rece.

Ni-l putem închipui pe unul din acei experimentatori anonimi ai trecutului îndepărtat.

Iată-l în fața focului, urmărind jocul flăcărilor, dansul scînteilor și fumul ce se ridică în vîrtejuri stranii. În ochii lui licărește flăcăruia curiozității și un fel de teamă.

El stîrnește focul mișcînd gătejele. Adaugă din cînd în cînd o mînă de rămurele subțiri și uscate. Din blana umezită de ploaie iese abur cald. Stînd lîngă foc, în adăpostul acoperit cu pămînt și mușchi, cînd ploaia rece cade peste lume, ți se perindă în fața ochilor minții imagini ale zilei care a trecut, gînduri la ziua ce vine.

Se înserează și focul alungă din jurul lui aripile întunericului. În adăpost dorm copiii ghemuiți unii în alții. Din frunzele culcușului se ridică o aromă îmbietoare.

Femeia trebăluiește în jurul focului. Ea îi aduce o oală cu lapte de capră. Omul nu bagă de seamă cele din jur. El ține strîns în pumnul stîng o piatră deosebită de toate celelalte, pe care le cunoaște bine, pe care le-a șlefuit și le-a ciocănit de atîtea ori, pe care le-a băgat de atîtea ori în apa rece după ce le-a înfierbîntat în flacără. Piatra este gălbuie, sfărîmicioasă, și are un miros ciudat. A culeș-o din apropierea muntelui care scuipă foc. Îi este teamă să nu stîrnească duhurile rele, dar dorința de a încerca este mai puternică.

Nu cumva această piatră a adus din adîncul muntelui o forță care s-ar putea folosi? Focul preface, focul ajută. N-ar putea oare flacăra schimba gustul neplăcut al pietrei? Sau culoarea? N-ar putea-o face tare, bună de șlefuit? El pune piatra galbenă peste jar și așteaptă înfiorat.

Dar iată, din piatră începe să curgă un pîrîiaș gălbui. Pîrîiașul se îngroașă, se întunecă, îngheață, curge din nou. Apoi o flăcăruie albastră, pîlpîitoare, diafană, unduind lin ca aripa unei păsări. Fumul miroase ciudat, înțepînd nările. O ultimă pîlpîire ca o bătaie de aripă și flăcăruia albastră piere. Nu mai rămîne decît pămîntul cenușiu. Galbenul a dispărut. Lucrul care curgea a dispărut.

Pe omul din fața vetrei îl încearcă fiorul unei spaime. Nu cumva duhul muntelui de foc a țîșnit din piatră?

Să mai încerce o dată... Se va repeta oare totul?

Omul pune un nou bulgăraș la încălzit. De data asta mai mare și acoperit cu o oală de lut, în care vrea să prindă ce iese din piatră.

Pe fundul vasului a apărut o floare galbenă. Încă o încercare...

Chimiști din vechea Mesopotamie (mileniul al 3-lea î.e.n.)

Nenumărate încercări de acest fel făcute în toate colțurile lumii, unde omul neoliticului, care prelucra neostenit pietrele pămîntului, întîlnea sulful nativ, au dus, după mii de ani, la cunoașterea pucioasei și la folosirea ei.

În *Odiseea* lui Homer (în care se povestesc evenimente din anii 800 î.e.n.) se spune că palatul lui Ulysse a fost curățat după alungarea pețitorilor neobrăzați ai Penelopei, arzîndu-se pucioasă în încăperi. Încercările de prelucrare a substanțelor din natură sînt strîns legate de dezvoltarea așezărilor agricole. Engels arată în *Dialectica naturii* că începuturile chimiei au apărut pe o anumită treaptă de dezvoltare a agriculturii. Concluzia lui Engels este valabilă pentru toate popoarele. Grînele, rădăcinile buruienilor, fructele de măslin, laptele animalelor, boabele de struguri, florile puneau la dispoziția meșteșugarilor, „cercetători" ai antichității, materiale interesante.

Din nenumăratele încercări asupra acestor materiale, s-au ivit: pîinea și vinul, leacuri și otrăvuri, uleiuri și vopsele, argăseala și parfumul; prelucrarea acestor materiale a prilejuit observarea unor fenomene chimice atît de interesante, ca: dospirea aluatului, fermentația mustului și laptelui, oțetirea vinului, tăbăcitul pieilor, putrezirea plantelor și a cadavrelor de animale.

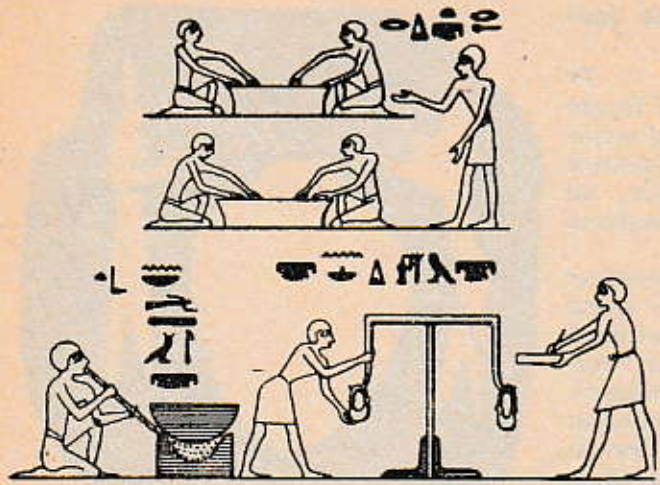
Pe măsura dezvoltării agriculturii și apoi — după apariția meșteșugurilor în cadrul societății sclavagiste — pe măsura dezvoltării metalurgiei, ceramicii, a producției materialelor de construcție, practica prelucrării substanțelor naturale s-a perfecționat la toate popoarele antice.

Metalurgia a avut un rol esențial în această evoluție, mai cu seamă din perioada în care omenirea a învățat să obțină metalele din minereuri. Ea a devenit de atunci o sursă centrală și o ramură a chimiei aplicate.

Aurul și argintul au fost cunoscute de mai toate popoarele Orientului antic, începînd de prin mileniile VI și V înaintea erei noastre. Artiștii meșteșugari ai antichității au modelat în aur și argint minunate opere de artă. Aceste metale au devenit apoi bani, mijloc general de schimb. Extragerea lor cerea munca grea a mii de oameni care să sape stîncile munților.

Descrierea pe care o face istoricul Diodor din Agirion (Sicilia), care a trăit acum aproape 2000 de ani, cu privire la munca în minele de aramă, aur și argint din Iberia (Spania), cuprinde un amestec de legendă și adevăr despre negustori lacomi, nemiloși stăpîni de sclavi, și munca grea, ucigătoare din minele de pe vremea aceea.

„Munții numiți Pirinei, spune Diodor, întrec alți munți în înălțime și întinderi... Altădată, ei erau acoperiți de păduri dese și stufoase. Se povestește că aceste păduri au fost incendiate de niște păstori care-și aprinseseră focurile în acele locuri. Pîrjolul durînd zile de-a rîndul, suprafața pămîntu-



Spălarea, topirea și cîntărirea aurului în Egipt (2500 î.e.n.)

<

lui fu arsă și de aici vine numele munților Pirinei[1]. Căldura incendiului topi minereul de argint din munți și începură să curgă pîrîiașe de argint curat. Necunoscînd folosirea acestui metal, locuitorii băștinași l-au vîndut în schimbul altor mărfuri ieftine negustorilor fenicieni, care aflaseră de această întîmplare. Aceștia, importînd argintul în Asia, în Grecia și pe alte meleaguri, au strîns averi uriașe. Așa de mare era lăcomia acestor negustori, încît, după ce și-au încărcat corăbiile, au înlocuit plumbul ancorelor cu argint, care se mai găsea din belșug". După această legendă despre începutul mineritului în Spania, Diodor descrie modul în care erau exploatate minele de cupru, aur, argint și staniu și munca în aceste mine:

„Lucrătorii care muncesc în mine aduc, așadar, stăpînilor lor mari beneficii. Acești nenorociți, ocupați zi și noapte în golurile subterane, își sfîrșesc puterile și mor în număr mare, de cruntă mizerie. Nu li se dă nici un răgaz; ei își poartă jugul sub loviturile de bici ale stăpînilor, pînă ce-și sfîrșesc jalnic zilele. Unii, cu corp mai viguros și inimă mai oțelită, își tîrăsc mai îndelung zilele, dar suferințele pe care le îndură îi fac să-și dorească moartea".[2]

Dacă aurul și argintul se găsesc în natură ca metale, iar extragerea lor cere mai multă muncă decît cunoștințe și iscusință, — în schimb cuprul nu se găsește de obicei în stare pură, ci în combinații cu sulful sau cu oxigenul. Minereurile de cupru (cele cu sulf) trebuie transformate întîi în oxizi, iar aceștia, la rîndul lor trebuie reduși cu ajutorul cărbunelui. Aceasta presupune o vastă experiență practică, iscusință și temeinice cunoștințe, în care s-au contopit rezultatele unor împrejurări și observații întîmplătoare, dar în care recunoaștem tot mai deslușit primele elemente ale unor căutări conștiente, precis orientate.

Că au fost făcute asemenea încercări, că embrionul experienței a apărut încă de pe atunci, din perioada orînduirii sclavagiste, se poate dovedi și prin aceea că bronzul — aliaj care, fiind mai tare ca arama, a devenit materialul preferat pentru confecționarea unor unelte importante și a armelor — avea, în diferite regiuni ale Orientului antic, aceeași compoziție: 90% aramă și 10% cositor. Aceasta presupune, fără îndoială, o serie de încercări, din care s-a acumulat o experiență. Cuprul nu se găsește în apropierea

[1] *Piros* = foc, în grecește.

[2] Renée Menards, Claude Sauvageot, *Vie privée des anciens*, vol. V, Paris, pp. 246—247.

minereurilor de staniu. Cineva trebuie să fi încercat topirea lor laolaltă. Ideea de a găsi un metal mai „tare" decît arama trebuie să fi stăpînit mințile multor meșteșugari ai aramei. Dar cum s-a ajuns la alierea celor două metale? Bronzul a apărut după ce extragerea aramei și confecționarea obiectelor de aramă, prin ciocănire, deveniseră îndeletniciri obișnuite. În atelierul vreunui meșteșugar aramagiu întîmplarea trebuie să fi dus la contopirea aramei cu cositorul. Apoi trebuie să fi urmat nenumărate încercări de reproducere voită a fenomenului, cercetarea rudimentară a proprietăților aliajului obținut. Topirea amestecului de aramă și cositor se face mult mai ușor, la căldură mai mică. Sub lovitura ciocanului bronzul se sfărîmă, dar topitura turnată într-o formă de lemn devine un obiect cu însușiri interesante. O nouă tehnologie avea să apară, deosebită de aceea a ciocănitului, dar și aceasta presupune încercări repetate, experiență. Și astfel s-a ajuns, cu vremea, la renumitul bronz caucazian (în mileniul al doilea î.e.n., cînd munții Caucaz deveniseră un puternic centru al metalurgiei bronzului). Cîte încercări nu se ascund în rețeta bronzului chinezesc „binemirositor", din care meșteșugarii chinezi făureau obiecte casnice și de podoabă, care păstrau timp de veacuri mirosul lor plăcut?

Ceea ce este valabil pentru metalurgia metalelor neferoase este valabil și pentru meșteșugul mult mai complicat al obținerii oțelului.

Timp îndelungat fierul rămînea inferior bronzului ca materie primă — era prea moale pentru ca din el să se poată face unelte și arme. De aceea era folosit mai mult ca material pentru podoabe. Numai cu prețul a nenumărate încercări au descoperit străvechii înaintași ai metalurgiștilor de azi că fierul devine cu atît mai tare și mai rezistent, cu cît este topit de mai multe ori în focul de cărbuni.

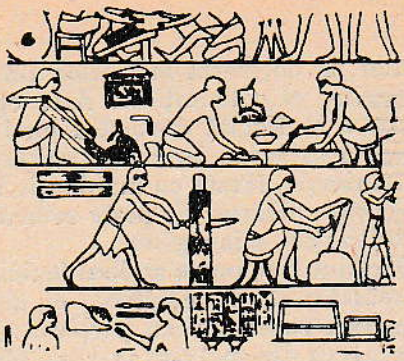
Găsirea „secretului" fabricării oțelului este una din marile descoperiri ale tuturor timpurilor. Imaginația anticilor a învăluit în nimb de legendă arta făurarilor de oțel ca și pe aceea a producătorilor și suflătorilor de sticlă, legată și ea de perfecționarea cuptoarelor și deci a metodelor de folosire a căldurii de ardere a lemnului și cărbunilor.

În frescele de la Tell-el Amara din Egiptul de sus (1400 î.e.n.) se găsesc figurate toate fazele fabricației și prelucrării sticlei, iar picturile din monumentele de la Bu-Assan (aproape de Teba), precum și aparatele găsite în aceste monumente dovedesc iscusința sticlarilor egipteni din al doilea mileniu î.e.n. Ei știau să prepare sticla, s-o coloreze, s-o taie și s-o șlefuiască. Brățara reginei Aahotep (1700 î.e.n.) are ornamente de sticlă prinse, prin topire, în metal, iar colierul reginei Hatșepsut este alcătuit din mărgele de sticlă. O mărgea ovală, de culoare verzuie, găsită în mormintele faraonilor datează de 5500 ani (3500 î.e.n.).

Nu se poate stabili unde — pentru întîia oară în lume — a apărut acest material pe care natura nu l-a creat. Poporul egiptean a adus însă meșteșugul producerii sticlei la un nivel atît de înalt, încît, deși legendele >

Vechi cuptorari metalurgi egipteni; cu papucii manevrează foalele

despre sticlă pomenesc de alte meleaguri ca loc de baştină al ei, se poate socoti că este o invenţie egipteană.
În Egipt se găseşte din belşug nisip şi silitră; iar cenuşa unor plante ce cresc în Egipt conţine multă potasă (carbonat de potasiu). Aceste materiale sînt componentele sticlei. Condiţiile naturale ale Egiptului erau, aşadar, favorabile inventării sticlei.
Fenicienii, care trebuie să fi preluat de la egipteni meşteşugul producerii sticlei, exportau în întreaga lume veche obiecte de sticlă de podoabă, precum şi vase şi flacoane de sticlă. Oraşul Sidon era renumit pentru comerţul cu obiecte de sticlă. Poate de aceea s-a creat legenda originii feniciene a sticlei, legendă pe care o reproduce Pliniu cel Bătrîn în opera sa:
„Există în Siria — spune Pliniu — un ţinut numit Fenicia, vecin cu Iudeea, în care se află, la poalele munţilor Carmel, o mlaştină care se cheamă Sendebia. Se crede că din această mlaştină izvorăşte fluviul Belus, care, după un curs de 5 000 de paşi, se varsă în mare, dincolo de colonia Ptolemais. Acest fluviu mîlos şi adînc nu-şi descoperă nisipul pe care îl cară decît în timpul refluxului apelor mării. Atunci acest nisip bătut de valuri se curăţă de toate necurăţeniile. Se crede că în contact cu apele mării acestea acţionează asupra lui şi că fără asta nisipul nu ar avea nici o valoare. Malul de pe care se culege nisipul nu-i mai lung de 500 de paşi şi timp de multe veacuri acesta a fost singurul loc în care se producea sticla. Se povesteşte că negustorii de salpetru, poposind odată acolo, îşi pregăteau, răspîndiţi de-a lungul malului, prînzul. Negăsind pietre pentru a-şi înălţa oalele, ei folosiră în loc de pietre turtele de salpetru din încărcătura căruţelor lor; şi din salpetrul amestecat cu nisipul de pe mal, sub acţiunea focului, ei au văzut curgînd pîrîiaşele transparente ale unei licori necunoscute; şi aceasta este originea sticlei. De atunci, cum meşteşugul este iscoditor şi iscusit, oamenii nu s-au mai mulţumit să amestece salpetru cu nisip şi născociră ideea de a amesteca în topitură magnetită, cu gîndul că ea va atrage sticla topită aşa cum atrage fierul. Şi tot aşa au început să introducă în topitură tot felul de pietricele colorate, scoici şi nisip de scoici.
Unii autori spun că sticla de India se face cu cristal-de-stîncă şi că de aceea este neîntrecută.
Pentru topire se foloseşte lemnul uşor şi uscat, se adaugă aramă de Cipru şi salpetru, mai ales salpetru de Ofir. Se topeşte ca şi arama în cuptoare şi se capătă mase negricioase cu aspect gras. Sticla topită este aşa de pătrunzătoare, că înainte de a o simţi, ea taie pînă la os părţile corpului pe care le atinge. Aceste mase se retopesc în cuptoare în care li se dă culoare; apoi, rînd pe rînd, sticla se suflă, se fasonează la cuptor, se cizelează ca argintul. Odinioară, oraşul Sidon era celebru pentru atelierele sale de sticlă. Acesta a fost în vechime modul de producere a sticlei. Astăzi, în Italia, pe coastă, într-un loc de 600 de paşi, între Cume şi Liternum, se culege nisip alb, foarte moale; el se macină în piuliţe şi la moară, apoi se amestecă cu el trei părţi de salpetru, fie în greutate, fie ca măsură (în volum —*N.A.*); amestecul topit se trece în alte cuptoare unde se prinde într-o masă care se numeşte amosilitră. Această masă se topeşte din nou şi dă sticla curată sau turte de sticlă albă. Acest meşteşug a trecut în Galia şi Spania, unde se produce în acelaşi fel. Se povesteşte că în timpul domniei lui Tiberiu s-a inventat o compoziţie care dădea o sticlă ce se putea îndoi şi prelucra ca



Meșteșugari egipteni preparînd și utilizînd clei la prelucrarea lemnului

arama și că întregul atelier al artistului a fost distrus pentru a evita deprecierea aramei, argintului și aurului"[1].

Și Pliniu mai vorbește despre sticla neagră asemănătoare cu piatra obsidiană, despre bijuterii și statui făcute din sticlă, despre sticla roșie, opacă, numită hemation, despre sticla albă, despre aceea care imită pietrele prețioase de cele mai diferite culori, despre sticla transparentă și incoloră, „cea mai prețuită dintre toate, pentru că seamănă cel mai mult cu cristalul", despre sticla topită cu pucioasă care se întărește ca piatra, despre faptul că bule de sticlă umplute cu apă, puse în calea razelor soarelui, încălzesc atît de tare încît ard stofele.

* * *

Sînt multe mii de ani de cînd egiptenii și-au întemeiat așezările lor agricole pe malurile Nilului. În mîlul fertil adus de Nilul Alb din îndepărtatele regiuni cu vegetație tropicală și revărsat peste maluri de apele periodic umflate ale Nilului Albastru, alimentat de ploile din Etiopia, străvechi agricultori au cultivat grîne altădată sălbatice și, printre ele, orzul.

Baza economiei statului sclavagist egiptean a fost agricultura irigată. Alături de cultura cerealelor, s-a dezvoltat în Egiptul antic cultura inului, a livezilor, a viței-de-vie, a măslinilor.

Cercetarea arheologică a dezgropat urmele culturii materiale a Egiptului antic fie sub forma obiectelor din morminte, fie sub forma sculpturilor și picturilor care ornau interiorul piramidelor și al templelor.

S-a putut astfel stabili că, în timpul faraonului Sesostris (1880 î.e.n.), existau în Egipt ateliere de fabricat bere și dubălării (ateliere de tăbăcit pielea).

În amintirea unei glorioase expediții în regiunile din sudul Egiptului, în ținutul Pund, în timpul reginei Hatșepsut (1525—1503 î.e.n.) s-a construit la Teba, capitala Egiptului, un templu semigrotă ornamentat cu colonade. Pe pereții acestui templu sînt zugrăviți negrii din Pund (chipurile prizonierilor și peisajul arată că este vorba despre un ținut din Africa orientală, probabil Somalia) și se găsesc inscripții despre prada adusă. Pe lîngă maimuțe cu coadă lungă, cîini, piei de pantere, indigeni și copiii lor, s-au adus: „tot felul de lemn parfumat din țara divină, un morman de rășine, lemn proaspăt de smirne, lemn negru și fildeș, argint și aur, lemn de Kinamon, tămîie, alifii pentru ochi..."[2]

Chiar enumerarea materialelor aduse ca pradă dovedește că atît în ținuturile din centrul Africii, cît și în Egipt erau cunoscute procedee prin care materiale din natură sufereau adînci transformări. Se extrăgeau și se foloseau rășini și arome naturale: se produceau „alifii pentru ochi". Armatele faraonilor aduceau de prin toate țările cucerite sclavi pricepuți în extragerea minereu-

[1] Plinius, *Istoria naturală*, vol. 2, Paris, 1955, p. 530.
[2] V. I. Avdiev, *Istoria Orientului antic*, Editura de Stat, București, 1951, p. 143.

rilor, în obținerea metalelor din minereuri, în producerea uleiurilor, balsamurilor și coloranților. Arta egipteană a îmbălsămării mumiilor constituie o strălucită dovadă a unei practici chimice de milenii. În atelierele care aparțineau faraonilor egipteni țesăturile sînt vopsite cu culori vegetale și animale, fixate cu mordanți. Resturi de țesături găsite în piramide și-au păstrat culoarea vie peste mileniile care ne despart de aceste momente ale civilizației sclavagiste.

Dacă nu li se poate atribui fenicienilor inventarea sticlei, a cărei tehnică au preluat-o de la egipteni, ei sînt fără îndoială aceia care au descoperit tehnica vopsitului cu purpură. Cu roșul aprins și violetul închis, pe care-l preparau din moluște marine, ale căror scoici se găseau în cantități imense pe țărmul fenician, meșterii fenicieni vopseau pînza și stofele, creînd mărfuri cunoscute în întreaga lume veche. Culorile de purpură erau neîntrecute. Nu-i astfel de mirare că despre pescuitul perlelor și despre prepararea acestor minunate culori vorbesc și Pliniu cel Bătrîn și marele Aristotel.

„Cel mai bun pescuit de purpură, scrie Pliniu — se face după arșița lui cuptor sau înaintea primăverii, căci atunci cînd ele își pierd acel soi de ceară pe care-l conțin, sucul lor este prea fluid. Asta nu se știe în vopsitorii, deși luciul este deosebit de important. Se scoate apoi din scoica de purpură vîna și se adaugă 20 uncii pentru fiecare chintal. Se lasă să se macereze această licoare timp de 3 zile; cu cît este mai proaspătă, cu atît mai multă tărie are. Apoi se fierbe în vase de plumb, pînă cînd 100 de amfore se reduc la 50 livre (adică la 1/16 parte); după aceea se fierbe din nou într-un cuptor lung, la căldură potrivită.

După ce se îndepărtează spuma produsă de carnea prinsă de vine, se trece la încercarea licorii... Pentru asta se moaie în ea lînă bine spălată; culoarea căutată este roșul închis. Se lasă apoi lîna să se îmbibe timp de 5 ore... Melcul de mare nu se folosește singur, căci culoarea iese la apă; amestecat cu purpura de mare dă acea nuanță întunecată și luciul stacojiu.

Folosind 50 livre de lînă, 200 livre de melc de mare, 100 livre de purpură marină, se obține o foarte frumoasă culoare de ametist... Purpura siriană cea mai prețuită este cea de culoarea sîngelui închegat, negricioasă în lumina răsfrîntă..."[1]

Aristotel descrie scoicile de purpură de diferite specii și vorbește despre „pigmentul" scoicilor de purpură care „greșit se numește floare", despre necesitatea de a măcina scoicile de vii, căci altfel pierd floarea.

Lista vechilor cuceriri ale popoarelor în domeniul prelucrării substanțelor naturale este lungă. Generație după generație îmbogățea practica creatoare. Cu 3000 de ani înaintea erei noastre, fenicienii lucrau din piele tăbăcită scuturi, haine, burdufuri pentru apă și pînză de corăbii.

În Mesopotamia — țara dintre fluvii — nu se găseau în cantitate suficientă nici metale, nici lemne și nici piatră. De aceea se foloseau mult și în diferite feluri lutul și trestia. Din lut se făceau butoaie, căzi, lăzi, hornuri, sobe, vetre, fuse, opaițe, tipare de topit și chiar sicrie. Dar cel mai de seamă produs de lut specific condițiilor naturale din Mesopotamia era cărămida, care se fabrica dintr-un amestec de lut, paie și trestie. Această cărămidă era uscată la soare și apoi, într-o perioadă mai tîrzie, în cuptoare.

[1] Plinius, *op. cit.*, vol. 1, p. 381.

Babilonienii au dezvoltat în mod deosebit tehnica construcțiilor. Pentru cimentarea cărămizilor arse foloseau un material făcut din asfalt. Bitumul sau asfaltul lichid este unul din materialele folosite pentru întîia dată în lume de către babilonieni.

Creșterea vitelor, pentru care în Mesopotamia existau condiții deosebit de prielnice (se creșteau turme de oi, capre, porci și tauri), a determinat o puternică dezvoltare a pielăriei și deci a tăbăcitului.

Spun cronicile vechi că ptolemeii din Alexandria, atunci cînd s-a instituit faimoasa bibliotecă, geloși de concurența pe care le-o făceau regii Pergamului, care voiau să-și facă o bibliotecă la fel, au oprit exportul de papirus. Atunci pergamezii au inventat pergamentul din piele de oaie, material mai durabil decît papirusul și care avea și avantajul că scrisul se putea șterge cu buretele. Lui Eumenes din Pergam (263 î.e.n.) i se atribuie inventarea acestui interesant material. Adevărul este că pentru a ajunge la inventarea pergamentului, meșteșugul tăbăcirii și prelucrării pieilor — care presupune urmărirea atentă a unor procese de fermentație, precum și adaosuri de substanțe — trebuie să fi ajuns la o înaltă măiestrie.

Chinezii cultivau orezul pe ogoarele acoperite cu mîlul roditor al Fluviului Galben, începînd de acum 4000 de ani.

Izvoarele chineze povestesc despre Șen-Nun, „inventator al plugului..., părintele agriculturii, al leacurilor și al artei de a tămădui", care a scris acum 5000 de ani cartea *Penkin*, cuprinzînd 165 de leacuri. În această carte, se descriu tot felul de rădăcini de plante, gustul lor și înrîurirea lor diferită asupra corpului omenesc. În lucrarea *Nai-kiio* (Sistemul intern) a chinezului Rai-Co, se găsesc consemnate rezultatele încercărilor de folosire a leacurilor naturale. Este un amestec de experiențe și idei despre sănătate și boală, o adevărată „artă medicală" care datează din anul 2600 î.e.n.

Pentru țesăturile lor, meșteșugarii chinezi căutau coloranți vii și rezistenți. Pentru tăbăcitul pieilor, pentru cositoritul vaselor de metal, pentru înfrumusețarea oalelor, acești meșteșugari descopereau mereu rețete noi. Din nucile copacului tung, ei extrăgeau un ulei care în amestec cu rășina copacului de lac și negru de cărbune, dădea neîntrecutul lac negru chinezesc.

Cu peste 3000 de ani în urmă, meșteșugarii chinezi știau să producă bronzul, din care făureau arme tari și vase. Pe lîngă bronzul mirositor „arama albă" *(bai-tun)* este o străveche cucerire a meșterilor chinezi. Din bai-tun, chinezii făureau clopoței cu clinchet minunat. Tot chinezii sînt descoperitorii zincului[1] (numit și metal chinezesc) pe care chinezii îl extrăgeau și-l prelucrau de aproape 2000 de ani, dar care în Europa a început să fie cunoscut abia în veacul al VII-lea al erei noastre.

Cu peste 3000 de ani înaintea erei noastre, meșteri olari au început să folosească argila albă din colinele înalte de pe lîngă orășelul Ținderen. De la numele „gaolin", care în limba chineză înseamnă „colinele înalte", a rămas numele folosit astăzi de chimiștii din lumea întreagă pentru argila albă din care se fabrică porțelanul. Arzînd în cuptoare vasele modelate din materialul obținut prin amestecul argilei albe cu pegmatita (rocă alcătuită din feldspat și cuarț), olarii chinezi au obținut vase albe, translucide sau străvezii, ai căror pereți aveau în bătaia razelor o strălucire sidefie, trandafirie, albastră sau roz-aurie. Au inventat astfel porțelanul.

[1] Cuvîntul vine de la *sin* care înseamnă chinez.

Desenatorii și pictorii chinezi au lăsat opere de artă nepieritoare pe pereții vaselor de porțelan. În afară de valoarea artistică a acestor vase, folosite ca obiecte de podoabă, este greu de evaluat însemnătatea acestui material pentru întreaga evoluție a experienței chimice. Creuzetele rezistente la foc se fac din porțelan. Tuburile cuptoarelor de laborator se fac din porțelan. Ele se pot încălzi pînă la roșu, fără să se înmoaie sau să crape, fără să impurifice substanțele introduse.

După ce au folosit pentru scris, ca și celelalte popoare, argila, piatra, lemnul, chinezii au trecut (acum 3000 de ani) la folosirea plăcilor de bambus și mai apoi (acum 2200 de ani) a hîrtiei de mătase. Dar după sute de ani de încercări ale unui șir de generații de meșteri, Tai-Lun din Nankin izbutește, în anul 105 e.n. să producă din scoarța copacilor, precum și din cîrpe, cîlți sau paie, prin fărîmițare și frămîntare cu apă, pasta din care se întindeau foile albe de *ci*. Fabricarea hîrtiei s-a perfecționat neîncetat. La desăvîrșirea procedeelor de fabricare a hîrtiei, au participat meșterii uzbeci din Samarkand, care au lucrat împreună cu meșterii chinezi, stabiliți în Samarkand în anul 751, după lupta dintre trupele chineze și cele ale califatului arab învingător.

Ar trebui să mai pomenim despre tușul de xilogravură, de cerneala chinezească de tipar, dar ajunge să amintim despre marea descoperire a prafului de pușcă.

Salpetrul, „sarea chineză", era cunoscut de către renumiții meșteri și învățați de pe malurile Fluviului Mărgăritarelor și ale Fluviului Albastru, din orașele Canton și Fuciu. În veacul al II-lea al erei noastre, lucrau, în laboratoare special amenajate pentru tot felul de experiențe, vestitul Vei Po-ian din Canton și Co-Fun din Antin.

Făcînd felurite încercări, învățații chinezi au ajuns să amestece 60% salpetru cu 20% pucioasă și 20% cărbune. Ei au inventat astfel „doctoria de foc" *(Ho-iao)* sau „bubuitul care cutremură cerul".

Învățații chinezi care se ocupau cu transformarea substanțelor au cunoscut și metalul lichid, mercurul, pe care îl numeau „duhul balaurului verde", au cunoscut cinabrul („leul roșu") — cristale roșii de sulfură de mercur, din care se extrage prin încălzire mercurul — arsenicul și sublimatul corosiv (puternică otravă, combinație a mercurului cu clorul) și un șir întreg de alte substanțe, ca plumbul („apa balaurului alb"), calomelul, sulfatul de sodiu etc. Cu 3000 de ani înaintea erei noastre, se foloseau în China preparate de mercur pentru tratamentul leprei.

Legăturile comerciale dintre popoarele Orientului antic și cele de pe țărmurile Mediteranei au mijlocit îmbogățirea meșteșugurilor și culturii grecilor și romanilor cu creațiile civilizației chineze, egiptene, babiloniene etc.

Într-o străveche ghicitoare greacă, cerneala își mărturisește existența: „sînt neagră, albă, galbenă și umedă; dacă mă întinzi pe un fund de lemn, cu ajutorul fierului și al mîinii, vorbesc fără să vorbesc".

Grecii și romanii preparau cerneală din apă gumată cu diverse rășini colorate sau cu drojdie de vin, alaun și culori.

Ei preparau pap din miez de făină în apă fierbinte, adăugînd cîteva picături de oțet.

Homer pomenește despre rășina sandarak folosită la prepararea pulberilor și a lumînărilor de afumat, la alifii și la plasturi; despre folosirea uleiului

de măsline în țesătorii, despre utilizarea excrementelor ca îngrășământ al pământului.

Metalele, sticla și porțelanul, culorile naturale, leacurile extrase din plante, cerneala, parfumurile, vinul, hîrtia, pielea tăbăcită și pergamentul, ceara și uleiurile sînt — în domeniul prelucrării materialelor din natură — cele mai importante cuceriri ale omenirii pînă în primele veacuri ale erei noastre. Practica transformării substanțelor din natură se îmbogățea o dată cu nașterea și perfecționarea meșteșugurilor. În metalurgie, în cositoritul vaselor, în producția materialelor de construcție, în ceramică, în țesătorie și vopsitorie, în tăbăcitul pieilor se găsesc începuturile și prima epocă de dezvoltare a practicii chimice.

În aceste meșteșuguri se găsește sursa vie a chimiei experimentale. Din practica de milenii a vechilor popoare s-au născut primele idei despre substanțe și transformările lor, sîmburii unor teorii despre materie și despre prefacerile substanțelor.

II. Rădăcinile lucrurilor

Concepțiile gînditorilor antichității despre structura materiei

Privește fărîmele toate ce joacă în raza de soare
Căci din vălmășagul acesta putea-vei bine-nțelege
De asemeni mișcarea cea vie a-ntregii materii
Ce-n ea se petrece ascunsă de-a noastră privire.

(LUCREȚIU, *Despre natura lucrurilor*)

În mintea omului primitiv, incapabil încă să pătrundă adevăratele cauze ale fenomenelor, reflectarea fantastică a naturii dădea naștere unui adevărat univers de naive credințe animiste, superstiții și mituri, de idoli și duhuri. Aceste credințe s-au perpetuat și mai tîrziu, constituind izvorul religiilor și al teoriilor filozofice idealiste ale antichității.

Dar pe măsură ce se dezvoltă practica de producție a societății sclavagiste, din rețeaua fantastică a miturilor și superstițiilor încep să se desprindă cunoștințe precise, tot mai numeroase — și, cu timpul tot mai bine închegate într-un ansamblu care tinde să devină un sistem — despre lucruri, fenomene, despre legăturile dintre ele. Desigur, concepții naiv-realiste existau și în perioada comunei primitive. Dar acum, din observație și practică se formează, printr-un îndelungat proces de generalizare și abstractizare, un șir de noțiuni din ce în ce mai cuprinzătoare. Apar ideile de număr, cantitate și raport cantitativ, de calitate și formă, noțiunile de cauză și efect, de materie și altele. Acestea nu mai sînt duhuri care se ascund în spatele lucrurilor, ci concepte care, oricît de abstracte ar fi, oglindesc realitatea, slujind omului drept instrumente de cunoaștere, gîndire, acțiune asupra lucrurilor. Se ivesc embrionii matematicii, astronomiei, medicinei — nucleul primelor științe — și o dată cu ele, scrisul.

Primele mlădițe ale științei, ivite cu cîteva milenii înaintea erei noastre în țările Orientului antic, sînt totodată și primii muguri ai concepției materialiste — primele încercări de a explica natura prin ea însăși, fără nici un adaos fantastico-religios. Pretutindeni, în creșterea lor, aceste mlădițe aveau de înfruntat împotrivirea puternică a religiilor și concepțiilor idealiste făurite pentru a servi interesele de clasă ale aristocrației sclavagiste.

Concepții din Orientul antic

Una dintre cele mai vechi idei generale despre materialitatea și unitatea materială a lumii o găsim în monumentele culturii Egiptului antic. Rolul uriaș al apelor Nilului în viața poporului egiptean și practica străveche a vopsirii cu soluții de coloranți sau a producerii leacurilor din sucuri de plante trebuie să fi dus la ideea că apa a dat naștere tuturor lucrurilor.

Apa și aerul reprezintă, în vechile însemnări egiptene, elementele alcătuitoare ale naturii.

O concepție asemănătoare o regăsim la babilonieni. Într-o străveche cosmogonie babiloniană, întîlnim această explicație a formării lumii:

„Pe vremea cînd sus n-a fost cerul și jos n-a fost pămîntul, era numai apa dulce și apa sărată. Din amestecul lor s-a născut pămîntul"[1].

Această idee cosmogonică se întemeiază pe observația că la gura Eufratului se formează mereu pămînt fertil din amestecul apelor Eufratului cu apele sărate ale Golfului Persic. Era, de fapt, observația coagulării soluțiilor coloidale din apele curgătoare sub influența apelor sărate ale mării; era o generalizare mult peste limitele fenomenului observat, dar tipic materialistă. Apa, factorul esențial în agricultura irigată, este proclamată ca unul dintre elementele lumii și de filozofii indieni, din mileniul I î.e.n.

În diferite pasaje din *Upanișade*[2] se discută principiul de bază al lumii, care este considerat uneori apa, alteori focul sau aerul, lumina, spațiul sau timpul. Astfel, în una din convorbirile *Upanișadelor*, se spune:

„1. Numai aerul este cu adevărat principiul atotcuprinzător, deoarece cînd încetează focul, el iese (pleacă) în aer, cînd apune soarele, el pleacă în aer, tot așa și luna, cînd apune, pleacă în aer. 2. Cînd apa se evaporă, ea pleacă în aer, deoarece aerul cu adevărat le înghite pe toate. Același lucru este valabil și pentru zei!"[3]

Poemul epic *Mahābhārata* (alcătuit cam la jumătatea primului mileniu î.e.n.) cuprinde exprimarea unor doctrine filozofice, care au influențat pe mulți gînditori ai lumii antice.

Într-una din acestea — doctrina *praktri* — este considerată drept realitate finală a lumii materia veșnică, necreată de nimeni, cuprinzînd în sine propria-i cauză și care se găsește în necontenită stare de creare și nimicire. Filozoful neagă existența independentă a sufletului și conștiinței și susține că sufletul apare din materie.

În filozofia Indiei antice, cea mai puternică și mai limpede expresie a ideilor materialiste o găsim în doctrina denumită *cārvāka*.

Adepții ei, ateiști convinși, considerau că lumea este materială, că totul în lume se compune din patru elemente: focul, aerul, apa și pămîntul și că din asemenea particule materiale sînt alcătuite și ființele vii, inclusiv omul. Însăși conștiința nu există separat, ea apare ca rezultat al îmbinării celor 4 elemente în corpul omenesc și piere o dată cu acesta.

Alte doctrine filozofice proclamă mai tîrziu ideea că lumea este formată din particule de apă, pămînt, aer și foc, conținute în eter, timp și spațiu. Particulele componente ale lumii *(anu)* se deosebesc între ele prin dimensiuni, formă și greutate.

Această concepție atomistă rudimentară trebuie să fi apărut sub influența școlii filozofice atomiste a grecilor.

La începutul mileniului I î.e.n., apar în China, în luptă cu reprezentările și ideile mitice și teiste, idei materialiste despre elementele prime ale

[1] V. I. Avdiev, *op. cit.*, p. 143.

[2] Dialoguri între dascăl și învățăcei, exprimînd concepțiile filozofice ale diferitelor școli. *Upanișadele* au fost scrise în cursul mileniului întîi — după unii cercetători, începînd din secolul al III-lea, după alții mai tîrziu, dar în orice caz înaintea apariției budismului — secolul al VI-lea — al V-lea.

[3] *Istoria filozofiei*, vol. I, Editura Științifică, București, 1958, p. 43.

lumii. Apa, focul, metalul, pămîntul și lemnul, acestea sînt elementele esențiale ale lumii. În natură, spune filozoful chinez, nu există minuni. Toate corpurile se nasc prin îmbinarea a două esențe primare *ian* și *in*, contrare una alteia ca lumina și întunericul, ca dulcele și amarul, ca frigul și căldura. Din împletirea esențelor *ian* și *in* se formează cele cinci elemente esențiale ale lumii: apa, focul, metalul, pămîntul și lemnul. Aceste elemente se pot transforma toate unul în altul.

Nu-i greu să recunoști în cele cinci elemente cele mai obișnuite și mai importante materiale pe care le prelucrau oamenii, alături de apă și foc, fără de care prelucrarea lor nu-i cu putință. Nenumăratele prefaceri din natură și din ateliere îi duceau pe gînditorii chinezi la ideea „transformării" și la ideea „elementelor" de bază din care ar fi alcătuite toate corpurile din lume.

Doctrina filozofică a daoismului arăta că viața naturii și a oamenilor nu se supune voinței cerului, ci legii universale *dao*, care aduce ordine în haosul lucrurilor. În lume nu există nimic permanent, totul e în mișcare și dezvoltare, apariție și pieire, totul se transformă și la un anumit punct al dezvoltării devine contrariul său.

Concepțiile vechilor greci. Nașterea teoriei atomiste

Gîndirea lumii vechi își găsește cea mai luminoasă expresie în concepțiile filozofico-științifice ale greciei antice.

Mari navigatori și negustători, iscusiți meșteșugari, întemeietori de colonii înfloritoare în Asia Mică, Grecii preiau și dezvoltă cunoștințele științifice și ideile materialiste încolțite în țările Orientului.

Pe atunci filozofia și știința — care nu se despărțise încă în diferite ramuri — alcătuiau un singur tot. Primele avînturi pe cărările științei au fost și primele mari încercări de a înțelege esența însăși a naturii nesfîrșite. Gînditorii antichității cuprindeau, într-o singură privire, întreaga natură și încercau să înțeleagă temeiurile cele mai adînci ale existenței, ale transformărilor ei. Matematicianul și geometrul nu dezlegau numai probleme și nu demonstrau doar teoreme, ci interpretau, în lumina cunoștințelor lor, întreaga lume și viață.

Savanții-filozofi ai vechii Grecii trăiau în mijlocul unei societăți împărțite în stăpîni și sclavi, în clase și pături sociale cu interese contradictorii. Alături de insuficiența cunoștințelor, interesele și năzuințele diferitelor grupuri sociale își puneau pecetea pe concepțiile despre natură, societate și gîndire. Fiecare pas al filozofilor naturii pe calea explicării materialiste, științifice a lumii întîmpina împotrivirea înverșunată a reprezentanților religiei și filozofiei idealiste. Imaginea cauzală spontan-dialectică a lumii în ansamblul ei, creată de filozofii materialiști greci, își păstrează și azi prospețimea și vigoarea, cu toate naivitățile pe care le cuprindea. Marii filozofi greci au reușit să presimtă, fie chiar într-o formă extrem de îndepărtată, unele din ideile fundamentale ale științei de azi și — printre ele — teoria atomistă care, transformîndu-se necontenit de-a lungul secolelor, o dată cu dezvoltarea generală a științei, a devenit o temelie a fizicii și chimiei secolului al XX-lea.

Materialiștii vechii Grecii căutau să explice fenomenele naturii pe baza unui principiu material unic.
Vestitul Tales din Milet (aprox. 624—547 î.e.n.), care a călătorit prin Egipt, susținea că elementul primordial și izvorul lumii este apa, aflată în necontenită mișcare. Totul provine din apă și se întoarce în ea.
În același veac cu Tales a trăit și a gîndit matematicianul Anaximandru (aprox. 610—546 î.e.n.), care în cartea sa *Despre natură* susținea că la temelia universului stă un element originar pe care-l numește *apeiron*, adică materia nedefinită, veșnică, nepieritoare, nesfîrșită și în neîncetată mișcare, că din acest element originar se despart perechi de principii opuse: solidul și lichidul, căldura și frigul, din care, prin felurite combinații, iau naștere toate substanțele lumii: pămîntul, apa, aerul și focul.
Elevul lui Anaximandru, Anaximene (aprox. 585—525 î.e.n.), și el contemporan cu Tales, pune la temelia lumii, ca element unic, ca început al tuturor lucrurilor — aerul.
Din aer, prin răcirea sau condensarea lui, se nasc toate corpurile lumii. Din el se ivesc și în el se întorc toate. Oamenii, animalele și plantele își iau viața din aerul inițial, respirînd particule de aer.
Îndrăzneții gînditori materialiști greci, interesați, ca și întreaga pătură socială pe care o reprezentau — aceea a meșteșugarilor, negustorilor, navigatorilor — să afle, să știe, să cunoască, să înțeleagă, nu se împiedicau de mituri, de credințe, de superstiții. „Lumea — scrie Heraclit (aprox. 530 — 470 î.e.n.), contemporan al lui Pitagora — este singurul lucru dintre toate care nu a fost creat de nici un zeu, de nici un om, ci a fost, este și va fi un veșnic foc viu, aprinzîndu-se după anumite legi și stingîndu-se după anumite legi".
După cum vedem, elementul primar, rădăcina lumii, în cugetarea lui Heraclit, este focul. Dar gîndirea lui Heraclit nu se oprește la arătarea rădăcinii lucrurilor. El susține veșnica și neîncetata lor mișcare și prefacere (*panta rei* = toate curg) și arată cauza acestor prefaceri; ea se găsește în „lupta contrariilor". Lupta este izvorul a tot ce există, susține Heraclit.
Gînditorii greci nu aveau la îndemînă rezultatele observațiilor și experiențelor precise, care s-au putut face mult mai tîrziu, cînd uneltele, în general, și uneltele cercetării științifice, în special, s-au dezvoltat pînă la un nivel care îngăduia măsurarea tot mai precisă; ei nu aveau la îndemînă nici micrometre, nici microscoape, nici lunete; ei nu aveau la îndemînă materialul de fapte și observații pe care s-a întemeiat descoperirea legilor naturii în veacurile al XVI-lea, al XVII-lea și pînă în zilele noastre. Dar ei încercau totuși să-și explice natura pe baza observațiilor făcute în călătoriile lor, în atelierele meșteșugarilor, în mine, în procesul viu al producției. Unii făceau chiar experiențe pentru a dovedi adevărul susținerilor lor. Astfel, de pildă, Anaxagora și Empedocle au dovedit prin experiențe natura materială a aerului. Empedocle a făcut experiențe cu un clopot de sticlă, arătînd că apa poate intra într-un vas numai cînd este îndepărtat aerul.
Filozoful sicilian Empedocle (490—430 î.e.n.) susținea că „rădăcinile" lumii, rădăcinile materiei, sînt: pămîntul, apa, aerul și focul, adică un solid, un lichid, un gaz și o substanță mai rară decît gazul. Și iată cum se demonstra această teorie; dacă, de pildă, arde un lemn verde, vezi focul, care se înfățișează ochiului prin propria-i lumină; fumul dispare prefăcîndu-se în

aer; la capetele lemnului mustește apa, iar cenușa rămasă are toate însușirile pămîntului.

Empedocle susținea că prin unirea celor patru elemente în diferite proporții se poate explica toată nesfîrșita felurime a substanțelor cunoscute omului, așa cum prin meșteșugita combinare a patru culori poți obține toate nuanțele posibile. De aici pînă la teoria atomistă primitivă nu mai era decît un pas.

Încununarea gîndirii materialiste a Greciei antice o constituie teoria atomistă. Cuvîntul „atom", repetat în zilele noastre de sute de mii de ori, în lucrările fizicienilor și chimiștilor, în note diplomatice și în cuvîntările rostite la mitinguri, cuvîntul acesta care aprinde astăzi imaginația scriitorilor a fost folosit pentru prima oară cu 2 500 de ani în urmă. Atomii, așa cum îi cunoaștem astăzi și în nucleul cărora a pătruns știința veacului nostru, nu se aseamănă decît prea puțin cu particulele concepute de filozofii din Abdera; dar ideea constituției atomice a materiei își are originea în teoria elaborată de Leucip, întemeietorul școlii din Abdera (aprox. 500—440 î.e.n.), și Democrit, care a trăit în Abdera cam între anii 460—370 î.e.n. Teoria atomistă a lui Leucip și Democrit a fost dezvoltată mai tîrziu de filozoful Epicur, în secolul al IV-lea, în lupta împotriva concepțiilor lui Platon și Aristotel, și turnată în versuri nepieritoare de poetul și filozoful roman, Lucrețiu, cu 200 de ani mai tîrziu.

Atomiștii greci încercau să-și explice toate fenomenele și lucrurile cunoscute pe atunci în lumina teoriei lor. Cui i se datorește evaporarea apei sub acțiunea căldurii, condensarea vaporilor de apă în picături? În ce se transformă apa evaporată cînd dispare și cum se preface ea în apă lichidă din nou vizibilă? Cum se explică creșterea cristalelor, a plantelor, a animalelor? Ce se adaugă în fiecare clipă firului de iarbă, oului, copilului — care cresc, se dezvoltă?

Să fie, oare, totul, întruchiparea unor numere misterioase, așa cum susțineau pitagoricienii? Atomiștii greci nu acceptau ideea că lucrurile din lume nu pot fi explicate de gîndirea omenească. Ei refuzau să creadă că „omul este măsura tuturor lucrurilor", așa cum susținea sofistul Protagora, contemporan al lui Socrate, și că de fapt există atîtea feluri de lumi, cîți oameni sînt; că „unuia mierea i se pare dulce, altuia poate să i se pară amară, deci cîți oameni, atîtea lumi".

Atomiștii greci susțineau că tot ce se petrece în lume are o cauză a sa. „Nici un lucru nu apare fără cauză, ci totul apare cu o anumită rațiune și în virtutea necesității", spunea Leucip. Străduindu-se să dea răspuns întrebărilor de mai sus, filozofii atomiști au ajuns la convingerea că materia este alcătuită din nenumărate părticele mici, invizibile, dar materiale, tari și indivizibile, veșnice, indestructibile și neschimbătoare.

Din unirea atomilor se alcătuiesc toate corpurile din lume. Infinita varietate a lucrurilor se datorește formei și mărimii diferite a atomilor și modurilor diferite în care se unesc aceștia.

Dacă un lichid se evaporă, înseamnă că din el se desprind atomii care se mișcă în aer; dacă se condensează, înseamnă că atomii se reunesc; dacă floarea miroase, înseamnă că se ridică din ea atomi de mireasmă; dacă un cristal, un ou, o plantă sau un animal crește, este pentru că i se adaugă mereu alți atomi.

Prin existența atomilor ei explicau și toate celelalte însușiri ale lucrurilor. Piatra sau fierul sînt tari, pentru că în interiorul lor atomii pot doar să oscileze sau să se agite, pe cînd în aer sau în foc ei pot sări la distanțe mari. Nici dulcele și amarul, verdele sau albastrul, nu sînt lucruri inexplicabile și nu sînt însușiri care depind de ochi sau de limbă. Și ele se datoresc diferitelor combinații de atomi.

Mișcîndu-se neîncetat în spațiul nesfîrșit, atomii se lovesc unii de alții, producînd mișcări diferite și vîrtejuri, datorită cărora ei sînt aduși unii lîngă alții, se unesc în cele mai diferite feluri, dînd naștere la lumi fără număr care cresc, se descompun și pînă la urmă pier, rămînînd să dăinuie numai cele potrivite cu mediul înconjurător.

Epicur (341—270 î.e.n.) dezvoltă și perfecționează teoria atomistă. Între altele, după cum subliniază Engels, Epicur atribuia atomilor nu numai deosebiri de mărime și formă, ci și de *greutate*, adică el „cunoștea de pe atunci, în felul său, greutatea atomică și volumul atomic"[1].

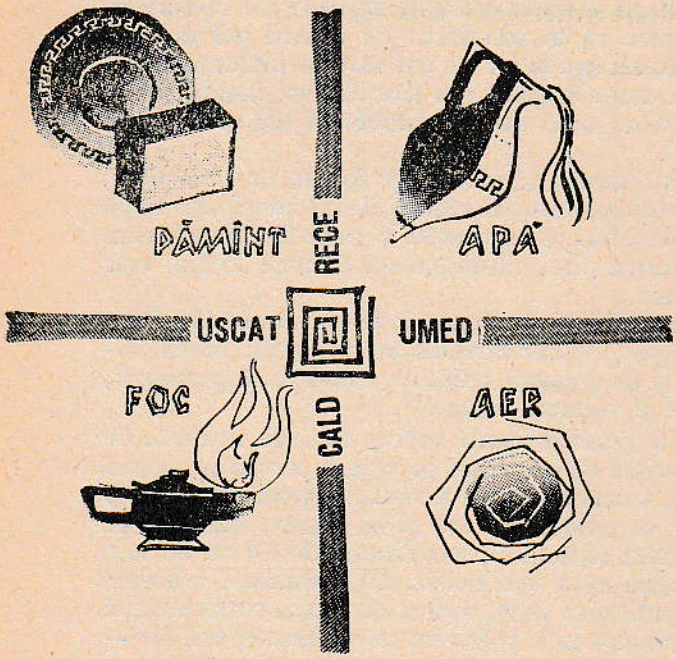
Teoria atomistă este o culme a gîndirii lumii vechi; față de uneltele de atunci, față de mijloacele materiale de cercetare pe care le aveau pe atunci la îndemînă oamenii de știință, teoria atomistă a vechilor greci era o teorie bogată. Ea ținea seama de tot ce puteau să facă și să observe oamenii pe vremea aceea. Justețea și totodată sărăcia ei, necesitatea de a-i da un nou conținut aveau să se vădească abia mult mai tîrziu, cînd oamenii, mînuind unelte de producție mult mai puternice decît moara de mînă, roata de apă și pîrghia, aveau să-și pună probleme noi, potrivite cu puterea epocii lor — puterea aburului, apoi a electricității și, în sfîrșit, energia nucleară.

Teoria atomistă nu a fost acceptată de toți gînditorii Greciei antice. Adversarii ei înverșunați au fost filozofii idealiști, ideologi ai aristocrației sclavagiste reacționare, care luptau împotriva democrației sclavagiste. Socrate (469—399 î.e.n.) și Platon (427—347 î.e.n.) socoteau cunoașterea naturii ca inutilă, imposibilă prin intermediul simțurilor, lipsită de interes pentru filozof, obiectul cunoașterii constituindu-l lumea mistică a esențelor spirituale, din care derivă tot ce există. Platon reducea fenomenele naturii la raporturi matematice, iar esența lucrurilor sensibile la triunghiuri abstracte. Concepții ca acelea ale lui Socrate sau Platon influențau în sens negativ dezvoltarea științelor naturii. Ele abăteau atenția de la cercetarea materiei și a transformărilor ei.

Nici Aristotel (384—322 î.e.n.), elevul lui Platon, întemeietorul școlii „peripatetice", creatorul logicii și unul dintre cele mai luminate spirite ale antichității, nu accepta teoria atomistă. Oscilînd între idealism și materialism, el se apropie de acesta din urmă în multe privințe; metoda sa de gîndire era istorică și dialectică.

Respingînd teoria atomistă, Aristotel i-a opus teoria sa proprie asupra elementelor-principii din care provine tot ce există în natură. Această teorie constituie generalizarea și dezvoltarea unor teorii formulate de înaintașii săi. La baza lumii stă un substrat material — materia primă, originară. Aceasta este înzestrată cu patru „însușiri primordiale" — două cîte două opuse una alteia: caldul și recele, umedul și uscatul. Aceste însușiri, combinate două cîte două, formează patru „elemente": pămîntul, apa, aerul și focul. Umedul și recele dau apa; caldul și uscatul se întruchipează în foc; pămîn-

[1] Fr. Engels, *Dialectica naturii*, Editura Politică, București, 1959, p. 29.



Cele patru elemente - însușiri aristoteliene

tul rezultă din combinarea recelui cu uscatul; aerul rezultă din umed și cald. Unindu-se la rîndul lor în diferite proporții, cele patru elemente dau naștere celor mai diferite substanțe. Aristotel adăuga celor patru elemente „pămîntești" un al cincilea element „ceresc" — eterul sau cea de-a cincea esență, care se confundă cu materia originară. Cele patru elemente din teoria lui Aristotel erau concepute ca substanțe capabile de transformări, putîndu-se preface unele în altele. Trecerea de la pămînt la foc, de la foc la aer, de la aer la apă și de la apă la pămînt „se făcea" mai ușor pentru că era necesară schimbarea unei singure însușiri. Pentru a schimba focul în pămînt (ambele uscate) doar „caldul" trebuia să treacă în „rece". La fel se făcea trecerea de la pămînt la apă (ambele sînt reci; doar „uscatul" trebuia să treacă în „umed"). Mai grea sau imposibilă era trecerea de la pămînt la aer sau de la apă la foc, deoarece transformarea trebuia să opereze asupra a două însușiri diferite.

Aristotel dădea exemple de transformare a elementelor în natură, încercînd să-și fundamenteze pe fapte și experiențe teoria. Nu trece oare apa în aer (e vorba de evaporare — *N.A.*) prin încălzire, adică prin transformarea însușirii „rece" în însușirea „cald"?

Nesfîrșitele posibilități de combinare a celor patru elemente, cu preponderența unuia (și deci a însușirilor corespunzătoare) sau a altuia, explică, după Aristotel, infinitatea variațiilor calitative a lucrurilor din natură.

El încerca să exprime cantitativ ipoteza sa. Despre oase, de pildă, susținea că sînt alcătuite din trei părți foc și două părți pămînt. Metalele erau concepute ca alcătuite din pămînt și apă. Scoate apa din ele (ardere) și ele se vor transforma în pămînt (oxizii de metale). Dintre toate metalele, unul singur nu conține pămînt: aurul. Ține aurul oricît în cuptor, topește-l, el se va reface în aur. Așadar, iată metalul pur, liber de „pămîntesc".

Poziția deosebită a aurului în concepția lui Aristotel se bazează atît pe insuficiența materialului de observație și experiență, cît și pe ideea importanței aurului în economie. Filozoful atribuia aurului însușiri deosebite, neputîndu-și explica valoarea lui numai ca expresie a unor raporturi sociale, ca expresie concentrată a muncii omenești.

Pe baza însușirilor de a arde, de a se topi, de a se evapora și de a rezista focului, Aristotel înălța o adevărată sistematică a fenomenelor de transformare a substanțelor.

Întemeindu-se pe teoria lui Aristotel, elevii acestuia încercau să explice toate faptele cunoscute pe vremea lor. Astfel, în cartea a IV-a a operei lui Aristotel, scrisă probabil de unul din elevii săi, Strabon, se spune că în pământ sînt prinse două „emanații", una umedă, care dă naștere la metale ce se topesc, și alta de felul pământului uscat, care nu poate fi topită. Lipsiți de sprijinul faptelor și datelor experimentale, gînditorii antici completau cu fantezia sau cu concluziile „logice" ale sistemului lor filozofic tabloul naturii schițat de ei. Ideea însușirilor, ca elemente fundamentale ale lumii, îl conducea pe Aristotel la unele concluzii absurde ca, de pildă, aceea că puțină apă adăugată vinului trebuie să se transforme în vin și invers, vinul adăugat apei — în apă. Corpul „mic" trebuia să capete însușirile corpului „mare", indiferent ce arăta experiența.

Caracterul sistematic al concepției aristoteliene despre prefacerea substanțelor și puterea sugestivă a analogiilor dintre fenomenele interpretate au fost factorii determinanți ai preluării ei necritice în evul mediu.

Pe teoria lui Aristotel se vor întemeia rătăcirile de veacuri ale alchimiștilor în căutarea pietrei filozofale. „Curățită" de tot ce era viu și creator în ea, osificată, generalizată și împletită cu misticismul religios, filozofia lui Aristotel avea să devină baza ideologică a scolasticii medievale.

III. Experiența denaturată

„...astfel, ca Atalanta[1], ei părăsesc drumul, ca să culeagă mărul de aur".

FR. BACON

Experiența chimică științifică are două izvoare istorice: unul viguros și neîntrerupt, cel al tehnologiei de transformare a materialelor din natură, care s-a dezvoltat în atelierele meșteșugarilor, devenind pînă la urmă o puternică industrie chimică; și un al doilea, derivat și el tot din practica meșteșugărească primitivă, — disciplina teoretico-experimentală a alchimiei, învăluită și denaturată de idei mistice și superstiții.

Sub numele dat de arabi artei transformării substanțelor, alchimie, înțelegem de obicei toate lucrările practice și „teoretice" consacrate transformării metalelor ordinare în aur și descoperirii unui „elixir al vieții".

Chimia, ca știință, s-a putut naște și s-a născut efectiv abia atunci cînd doctrinele alchimice au fost negate, cînd absurditatea „teoriei" alchimice a putut fi demonstrată experimental; cu toate acestea, diferitele încercări ale alchimiștilor au pregătit și ele — ce-i drept, într-un ritm extrem de lent — un material util pentru laboratorul de chimie. Rătăcirea după „mărul de aur" a dus și ea la descoperirea unor substanțe, la crearea unor procedee și utilaje, care au fost preluate în patrimoniul chimiei experimentale moderne.

De altfel, cuvîntul alchimie se referă la epoci și curente prea diferite pentru a fi caracterizate la un loc. Simpla atribuire a calificativului de alchimist unui Al-Razi sau Geber — adevărați premergători ai experienței chimice — și în același timp șarlatanilor de la curțile principilor feudali nu lămurește nimic. Este de aceea necesar să se diferențieze curentele și epocile din istoria alchimiei, pentru a surprinde sursele adevăratelor experiențe chimice în veacurile care au precedat nașterea chimiei moderne.

Ținînd seamă de documentele istorice, de cercetările de istorie a științei întreprinse în veacul al XIX-lea și al XX-lea, socotim că putem împărți istoria „alchimiei" în patru perioade principale: 1) epoca „artei sfinte" a preoților egipteni și a filozofilor chinezi; 2) epoca alexandrină; 3) alchimia arabă și 4) alchimia medievală europeană.

[1] Atalanta, fiica unui rege legendar din Sciros, celebră alergătoare, avea picioarele cele mai ușoare și mai iuți dintre toți muritorii. Legenda spune că ea hotărîse să nu se căsătorească decît cu acela care ar fi învins-o în întrecere. Rînd pe rînd, toți pretendenții la mîna ei trebuiră să se dea bătuți. Dar Venus, invidioasă, a dăruit trei mere de aur lui Hipomene, care le-a lăsat să cadă, pe rînd, în timpul alergării. Ispitită, Atalanta le-a cules și astfel a pierdut întrecerea.

„Arta sfîntă"

În zecile de milenii de practică socială care au premers apariției științei, s-au adunat nenumărate cunoștințe despre prefacerile substanțelor. Multe din rezultatele obținute erau impresionante. Ele veneau în sprijinul ideii că ar putea exista o forță misterioasă care, o dată găsită, ar putea să slujească la înfăptuirea oricărei transformări a unei substanțe în alta. Lipsa unei concepții clare despre transformările naturale în toată această perioadă, în care legile mecanicii, fizicii și chimiei nu erau încă descoperite—și nu puteau să fie descoperite din cauza sărăciei mijloacelor de producție și cercetare și a cunoștințelor acumulate — a făcut posibilă apariția și răspîndirea unor explicații simpliste, adeseori fantastice. Ele erau alimentate și de concepțiile mistice, mitologico-religioase, răspîndite de preoți.

Deosebit de puternică era casta preoților în Egipt. Puterea ei economică este atît de mare încît n-o pot înfrînge nici faraoni, ca Amenhotep al IV-lea (1424—1388 î.e.n.). Preoții lui Amon reușesc să-și păstreze și să-și consolideze vechile lor poziții dominante în economie. Tutankamon, de pildă, se simte obligat să mărească moșiile preoților lui Amon „îndoit, întreit și împătrit" și să înzestreze templele „cu argint, aur, lazurit, peruzea, pietre scumpe rare, pînzeturi regale, odăjdii albe, țesături subțiri, ulei de măsline, mirodenii...".

În templele egiptene se strîng cele mai diverse materiale ale lumii antice, destoinicia și cunoștințele practice ale sclavilor aduși din Asia și Africa. Dezvoltarea cunoștințelor anatomice și medicale, experiența acumulată în atelierele supravegheate de preoți, a condus la inventarea unor interesante procedee de prelucrare a substanțelor. Astfel, de pildă, poate fi amintită rețeta îmbălsămării mumiilor, care este desigur rodul a nenumărate încercări. „Slujitorii zeilor" Egiptului au învăluit în mister și au ținut sub lacătele tainei procedeele lor, au inventat un vocabular ermetic pentru profani și au înveșmîntat totul în mituri și credințe legate de imortalitatea zeilor și faraonilor. Din acest amestec de experiențe, taine și mituri, s-a născut în bogatele temple ale Egiptului antic „arta sfîntă".

Vîna vie a experienței tradiționale în domeniul prefacerii substanțelor îmbogățea neîncetat practica transformării materialelor, arta chimică. Interesul de a păstra procedeele de fabricare ale unor articole de mare căutare, procedee care, tăinuite cu strășnicie, reprezentau și o dovadă materială a „puterii divine" a preoților, a determinat consolidarea „artei sfinte". Ea este una din sursele alchimiei.

Așa cum observarea atentă a stelelor și practica astronomică izvorîtă de aici (calendar, prevederea eclipselor etc.), amestecate cu miturile și credințele religioase au dat naștere astrologiei, tot astfel practica transformării substanțelor, asociată cu aceleași mituri, dădeau naștere alchimiei, care, de altfel, împrumuta elemente din astrologie. Idei fantastice despre pretinse înrudiri între metale și aștri, ideea unei corespondențe între așezarea stelelor și

Hermes Trismegistos, personaj legendar greco-egiptean, adoptat ca patron al alchimiei

reușita operațiilor „artei sfinte" alcătuiau fondul steril de idei care avea să abată tot mai mult, în epocile următoare, practica alchimiei de la izvorul viu al cunoașterii: munca productivă.

Preoții practicieni ai „artei sfinte" se legau prin jurăminte teribile să nu dezvăluie tainele lor. Operînd, ei chemau în ajutor, prin formule magice, pe zei și nu dădeau altă explicație transformărilor decît forța divină. Religia era unicul lor adevăr, unica lor teorie, deoarece era unica sursă a puterii lor, puternică armă a exploatării, izvor al bogăției și bunăstării acestei caste care s-a menținut, învăluită în aureola misticii, zeci de veacuri.

Preoții „artei sfinte" conduceau tot felul de încercări în cămările ascunse ale templelor, în care se găseau și mari ateliere de topit metale și sticlă, de țesut și vopsit, de extras parfumuri din plante.

Dacă din nisip se poate obține cu ajutorul unor pietre albe din pămînt și al focului sticla transparentă, dacă această sticlă poate fi colorată cu pulberi astfel încît să dea splendide mărgele de culoarea sîngelui sau a aurului, dacă licorile stoarse din plante pot ucide sau însănătoși, de ce nu s-ar putea preface orice în orice? Și printre toate lucrurile rîvnite, aurul își exercita uriașa sa forță de atracție.

O dată cu dezvoltarea schimbului și cu apariția aurului ca monedă universală, ca echivalent general al valorii, a obține aurul însemna a cuceri puterea politică și economică. Aurul le trebuia faraonilor și regilor statelor sclavagiste; de aur erau însetați preoții, comandanții marilor oștiri, demnitarii și toți ceilalți reprezentanți ai clasei a cărei existență se baza pe exploatarea sclavilor. Aurul însemna corăbii, arme, sclavi, veșminte și podoabe, băuturi și mirodenii. Aurul devenea simbolul și materializarea puterii. Așa cum soarele dă viață, aurul dă putere.

Cu aurul cumpără faraonii prietenia regilor din Asia. Amenhotep al III-lea trimite regelui Asiriei 20 de talanți de aur pentru a-i cîștiga simpatia. Cadașman-Bel, regele Babilonului, cere mereu faraonului egiptean să-i trimită aur. Regele Tușrata din nordul Mesopotamiei cere aur lui Amenhotep al III-lea ca răsplată pentru acțiunile împotriva hitiților, care deveneau amenințători pentru Egipt. „În țara fratelui meu (Egiptul — *N.A.*), scrie regele din Mitami, aurul este ca și praful". Și el cere din acest praf „mai mult decît tatălui meu, să-mi dea și să-mi trimită fratele meu".[1]

Faraonii își duceau cu ei aurul pînă și în morminte, în nădejdea că el le va sluji să-și mențină puterea și în „lumea de dincolo". Mausoleul rămas nejefuit al lui Tutankamon a păstrat peste veacuri diadema și masca de aur a faraonului.

Aurul devine o dată cu dezvoltarea comerțului statelor sclavagiste, în toată Asia ca și în bazinul mediteranean, o obsesie a clasei stăpînitoare a societății sclavagiste. Este dar firesc să apară ideea obținerii pe cale artificială a aurului. Transmutarea metalelor ordinare în aur cu ajutorul a ceva ce trebuie căutat, descoperit și încercat, devine obiectivul central al slujitorilor „artei sfinte". În același timp ei caută licoarea tinereții eterne, leacul tuturor bolilor.

Practica medicală primitivă, născută o dată cu agricultura, adunase nenumărate rețete de fierturi. Ele erau cunoscute de vechii savanți chinezi și de preoții egipteni. Nu s-ar putea oare găsi un leac valabil pentru toate bolile?

[1] V. I. Avdiev, *op. cit.*, p. 148.

În zeci de mii de ani de viață tribală, vracii au folosit, alături de fierturi de plante, semne și cuvinte magice și invocarea duhurilor pentru a prepara rețetele lor de sănătate și vigoare fizică. Urmașii acestor vraci au devenit „filozofi" și preoți căutători ai licorii veșnicei tinereți.
„Arta sfîntă" a filozofilor chinezi își are originea în străvechea practică medicală a vracilor, în cunoștințele dobîndite din cercetarea influenței sucurilor obținute din rădăcini, frunze și semințe asupra organismului omenesc și în practica metalurgică a Chinei.
Cunoștințele despre prefacerea metalelor și despre tămăduirea bolilor, amestecate cu ideile mistice despre forțe supranaturale s-au integrat în „arta sfîntă": arta de a preface metalele în aur și de a descoperi licoarea veșnicei tinereți. O, ce n-ar fi dat mandarinii, stăpînii avuțiilor pămîntului, să-și prelungească zilele pînă la nesfîrșit. Ei nu erau prea nerăbdători să se întîlnească cu zeii în ceruri. Împărații și demnitarii lor încurajau pe „filozofii" căutători ai licorii veșnicei tinereți și ai mijlocului de a transforma în aur arama comună.
Sub numele de „piatră filozofală" și „elixir al vieții" sau sub alte nume metaforice, aceste substanțe care întruchipau visuri de putere socială și fizică au rămas de-a lungul a peste 20 de veacuri obiectivul alchimiei.

Alchimia alexandrină

Două secole (secolul al IV-lea — secolul al II-lea î.e.n.), din istoria popoarelor din jurul Mediteranei, caracterizate prin contopirea civilizației și culturii grecești cu cea a popoarelor asiatice, poartă numele de epoca elenistică. Este perioada creării a zeci de noi orașe și cetăți, epoca unei puternice circulații a mărfurilor și — printre ele — a aurului și argintului.
Imperiul creat de Alexandru Macedon se întindea de la poalele munților Himalaia și de la hotarele de nord-vest ale Indiei pînă în Italia; el cuprindea și Egiptul.
De-a lungul drumului străbătut de Alexandru Macedon, apărură orașe noi, Alexandriile, locuri de întîlnire ale caravanelor și căilor fluviale și maritime. Aici corăbiile și caravanele își descărcau sclavii și mărfurile. În aceste orașe înfloreau comerțul, meșteșugurile, arta și literatura.
Schimburile de mărfuri deveniră mai vii decît în orice epocă anterioară. Capitalul comercial și negoțul de sclavi luau o puternică dezvoltare. În orașe, în străvechiul Babilon, în capitala Egiptului (Alexandria), la Delhi, în Cartagina, Siracuza și Roma, se îngrămădeau prăvăliile și atelierele meșteșugărești, iar templele continuau să adăpostească case de schimb și ateliere. Pulsul vieții a continuat să bată puternic în aceste orașe și după dezmembrarea imperiului lui Alexandru.
Papirusurile descoperite vorbesc despre activitatea meșteșugărească și comercială, mai ales aceea a Egiptului elenistic. Dintre meșteșuguri sînt pomenite: producția obiectelor de lux, de țesături de in, lînă și mătase, de giuvaericale, sticlă, papirus, lemn de corăbii, bronz, aramă și fier. Tăbăcari, vopsitori, maiștri aurari, pictori și meșteri de produse cosmetice lucrau în ateliere, cu calfe și ucenici.

Creșterea populației orășenești libere determina cererea unor articole altădată destinate numai stăpînilor de sclavi: cosmetice și articole de podoabă. Cele veritabile erau prea scumpe pentru mulțimea de rînd. Arta falsificărilor căpăta un teren larg. Se falsificau mărgăritare, safire, rubine. Se falsificau parfumuri. Și mai ales obiecte de aur.

Două papirusuri, în limba greacă, descoperite în apropierea vechiului oraș egiptean Teba, cuprind o adevărată carte de rețete a falsificărilor: papirusul din Leyda și cel din Stockholm. Ele datează cam de pe la anul 250 e.n. În aceste documente se dau rețete de preparat aliaje asemănătoare cu aurul, din metale obișnuite, rețete de falsificat pietre prețioase și perle. Se descriu, în același timp, metodele practice pentru proba de diferențiere a aurului adevărat de aliajele ordinare sau de metalele placate cu strat de aur.

Papirusul din Stockholm se ocupă deosebit de amănunțit cu problemele privitoare la vopsit. Cei care se ocupau de producția de aur și pietre false pentru podoabe — „tehnioții" (de la cuvîntul grecesc *tekhne*, care înseamnă artă sau meșteșug) — se întreceau în găsirea unor rețete care să facă cît mai grea deosebirea dintre produsele lor și cele veritabile. Pentru a produce „aur", ei foloseau arama, pe care o „colorau" cu firnisuri cît mai rezistente preparate din cinabru, sulfură de arsen, din oțet, alaun și urină. Sau acopereau arama cu amalgam de aur (aliaj de mercur și aur de consistența cerii), încălzind apoi ușor pînă la evaporarea completă a mercurului. Dacă primul strat de aur prins astfel nu era suficient, repetau operația o dată, de două ori, de trei ori.

Aliajul de aur și argint — numit asem — se „înmulțea" de două ori și de trei ori, prin adăugare de aramă și cositor.

Pentru a falsifica perlele scumpe, procedeele erau mai complicate. Din pulbere de alabastru (ghips = sulfat de calciu), din clei, din solzi de pește și din ceară trebuiau să prepare „aluatul de perlă", pe care-l frămîntau apoi cu lapte cald, cu adaos de albuș de ou și gume naturale.

Meșteșugul falsificării pietrelor scumpe, smaragdelor și rubinelor, granatelor și ametistelor, presupunea operații și mai complexe. Alegerea unor minerale de structură corespunzătoare, mijloace fine de mărunțire pînă la granulația de pudră fină, folosirea minereurilor colorate de fier, de cupru, de cobalt, a unor pigmenți artificiali preparați din cupru și oțet, încălzirea atent condusă în cuptoraș special construite, toate acestea presupuneau cunoștințe temeinice și o tehnică de preparare condusă după reguli stricte. „Tehnioții" se ocupau și cu falsificarea purpurii naturale, cu producerea mărgelelor de sticlă colorată, cu prepararea pastelor și vopselelor cosmetice.

În tîrgurile orașelor, produsele meșteșugului acestor meșteri ai prelucrării substanțelor aveau o mare căutare. Comerțul cu surogatele de purpură și de pietre nobile, cu obiecte de aur sau argint falsificat iau o asemenea extindere încît, în anul 292 al erei noastre, împăratul roman Dioclețian dă un decret prin care ordonă să se ardă toate cărțile în care se vorbește despre alchimie. În decretul împăratului sînt amestecați astrologii și alchimiștii, matematicienii și „alții ca ei". Furia împăratului trebuie să fi avut motive temeinice. Trebuie să se fi ivit mulți șarlatani, care nu se mai mulțumeau cu mica industrie a mărgelelor, ci preparau cantități importante de aur fals, care ajungea poate și în tezaurul împărătesc, constituind un pericol pentru stabilitatea monetară.

În perioada elenistică s-a creat un amestec între culturile diferitelor popoare antice. Astrologia babiloniană, filozofia chineză, indiană și greacă, miturile egiptene se amalgamau în scrierile învățaților din Alexandria. Sute de mii de papirusuri se îngrămădeau în muzeonul din Alexandria, acest uriaș centru intelectual al lumii elenistice, care cuprindea tot ce fusese inventat și descoperit în antichitate. La 40 de ani după clădirea ei, biblioteca din Alexandria cuprindea 400 000 de manuscrise. Aparate, mecanisme și dispozitive experimentale umpleau săli special amenajate ca laboratoare. În Alexandria a profesat marele Euclid, creatorul geometriei clasice; aici a învățat Arhimede, geometru genial și creator al mecanicii.

Era firesc să se dezvolte în această cetate a culturii universale și disciplina teoretică legată de arta transformării substanțelor. Pe cînd însă observațiile astronomice strînse de milenii în observatoarele chineze, în cele ale Babilonului, Indiei și Egiptului, sub imperiul necesității dezvoltării agriculturii irigate și al conducerii corăbiilor pe mările lumii, se constituiau într-o disciplină sistematică, culminînd în opera astronomului Hiparh (care a trăit la Rodos în secolul al II-lea î.e.n.); pe cînd Euclid, Eratostene, Arhimede, Papus și Apollonius, transformau geometria într-o știință, „teoria" artei prefacerii substanțelor nu izbutește să depășească, ci dimpotrivă coboară sub nivelul atins de filozofii greci.

Practica „tehnioților" nu este suficientă pentru descoperirea legilor transformării substanțelor. Mijloacele de producție a oțelului, a purpurei artificiale, a cosmeticelor sînt rudimentare. Substanțele naturale prelucrate sînt reduse ca număr. Nici un proces fundamental, cum este de pildă procesul arderii, nu este încă înțeles. În afară de balanță și un densimetru primitiv, nici un instrument de determinare cantitativă a caracteristicilor substanțelor nu este încă inventat.

Pentru a explica fenomenele de transformare a substanțelor, învățații vremii recurg la ideile generale în circulație. Ideile lui Platon și ale filozofilor stoici, ideile lui Aristotel, vechile teorii despre transmutație, tot felul de idei mistico-mitologice sînt sursele „considerațiilor teoretice" ale „chimiștilor" alexandrini, care elaborează o simbolistică naivă și ermetică pentru descrierea operațiilor chimice.

De altfel, pierderea celor mai multe manuscrise alexandrine și comentariile pe marginea celor păstrate contribuie la întunecarea tabloului ideilor despre transformarea substanțelor, elaborat în perioada alexandrină. Nici numele păstrate nu sînt sigure, multe din ele fiind pseudonime.

Una dintre lucrările tipice pentru ideile alchimiștilor alexandrini este *Physica kai Mystica*, rămasă sub numele unui Democrit care trebuie să fi fost un pseudonim al unui alchimist alexandrin trăind prin secolul I al erei noastre. Folosirea drept pseudonim a numelui filozofului grec avea probabil drept scop să dea greutate ideilor expuse. După mărturia unui cercetător arab de mai tîrziu, este probabil că sub numele lui Democrit se ascundea un anume Bolos din Mendes.

Falsul Democrit povestește în cartea lui cum a ajuns el să stăpînească „taina" facerii aurului. Din expunerea lui rezultă ideea teoretică dominantă: taina preparării aurului constă în a da materialului ordinar, folosit ca materie primă, culoarea potrivită. Cele patru praguri ale colorării erau: înnegrirea *(melansis)*, albirea *(leukosis)*, îngălbenirea *(xanthosis)*, roșirea *(iossis)*. Prima din aceste operații era cea mai importantă, pentru că însemna aducerea

substanței la forma ei de „materie originară" (în această idee descoperim concepția elementului unic al anticilor). „Înnegrirea" consta de fapt în amestecarea zincului, cuprului, plumbului și fierului sau a altor metale ordinare într-un aliaj de culoare neagră. Adăugînd mercur, arsen sau antimoniu aliajului negru, el se albește (astfel se „stimulează", chipurile, formarea argintului). Îngălbenirea reprezintă adăugarea unei mici cantități de aur (care trebuia să acționeze „ca un ferment"). Prin adăugarea de apă de pucioasă (sulfură de calciu) și săruri din acelea care se foloseau la vopsirea firelor, se obținea „culoarea finală" și deci: aurul.

Falsul Democrit amesteca rețetele sale cu istorisirea unor visuri fantastice care l-au condus la descoperirea „tainei".

În aceste visuri, apar magi persani, temple și altare.

Se pomenește în unele scrieri regăsite și comentate de arabi despre „alchimista Maria", care numește amestecul de aramă, plumb, cositor și fier „arama noastră" (adică a alchimiștilor), și folosește termenul „tinctura roșie", prin care înțelege substanța în care urmează să se transforme pînă la sfîrșit amestecul de metale ordinare pentru a da aurul.

Arama alchimică evoluează spre „tinctura roșie" dacă este tratată în mod corespunzător, așa cum se îmbujorează omul cînd se hrănește bine.

Faza a patra, a roșirii, mai este comparată cu „împreunarea elementului femeiesc cu cel bărbătesc", iar transmutația este privită ca zămislirea fătului și formarea lui în cele nouă luni ale gestației.

Scrierile alchimiștilor alexandrini sînt adeseori îmbîcsite de simboluri mistice și metaforice, descifrarea lor este îngreuiată și de adaosurile comentatorilor, care adesea li se suprapun, făcînd ilizibil textul original. Dar chiar și pasajele rămase nealterate sînt atît de îmbîcsite de termeni metaforici, încît interpretarea conținutului de idei și descoperirea sensului descrierilor este numai parțial posibilă și numai prin compararea atentă a diferitelor texte între ele. Pentru a înțelege, de pildă, descrierea unei simple distilări, a unei calcinări într-un cuptor banal, sau a unei extracții prin infuzie, trebuie elaborate ipoteze cu privire la miezul real al fiecărei imagini folosite. Iată ce spune despre această încîlcită simbolistică mistico-mitologică H.E. Fierz-David, un cercetător al istoriei chimiei:

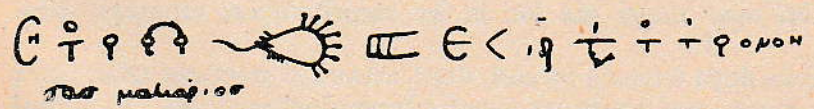
„Încă din negura timpurilor — pornind probabil de la străvechi speculații caldeene — metalele, șapte la număr, erau puse în legătură cu anumiți zei. Deoarece acești zei erau identificați totodată cu planetele, fiecărui metal cunoscut îi corespundeau în același timp o zeitate și o planetă... Amintim că și pînă în ziua de azi mai numim zilele săptămînii după aceleași zeități. Celui mai nobil metal, *aurului* îi corespundeau Soarele și zeul Soarelui... *Argintului* i se asocia Luna și zeița Lunii... *Fierului* îi corespundea războinicul Marte împreună cu planeta cu același nume... *Mercurului*, care nu stă locului, i se asociază iutele și multilateralul Mercur cu planeta lui... *Cositorul*, care în stare de metal rece, turnat, produce, cînd îl îndoi, un pîrîit, în care unora li se părea că recunosc tunetul, era atribuit lui Jupiter și planetei sale... *Arama* cea roșie era socotită ca depinzînd de Venus și planeta ei... *Plumbul* greu și negricios era asociat cu sumbrul zeu Saturn și planeta sa.

„Cînd, de pildă, un alchimist topea, în creuzet, cositor și aramă, potrivit concepției lui avea loc o unire nu numai între două metale naturale, ci și între două zeități, și acest proces însemna în plus un anumit moment (în timp, — *N.A.*), adică o constelație astrologică. Deci aceea metalele

puteau fi contopite numai în anumite momente precise, favorabile din punct de vedere astrologic, iar unirea lor reprezenta nu numai o legătură chimică, ci și o căsătorie mistică, la care adeptul era și el părtaș..."[1]
Și celelalte substanțe erau legate de simboluri, legende și mituri de tot felul. „Sîngele porumbelului" înseamnă, de fapt, în scrierile amintite, miniul de plumb, iar „sîngele și oasele balaurului" sînt metalele calcinate; mercurul se întîlnește fie sub numele de „zburătorul", fie sub cel de „nor ușor" sau sub numele „fugarul". Arama este botezată cînd „sînge închegat", cînd

Ouroboros, șarpele care-și mănîncă coada, — simbol alchimic al unității lucrurilor materiale și spirituale

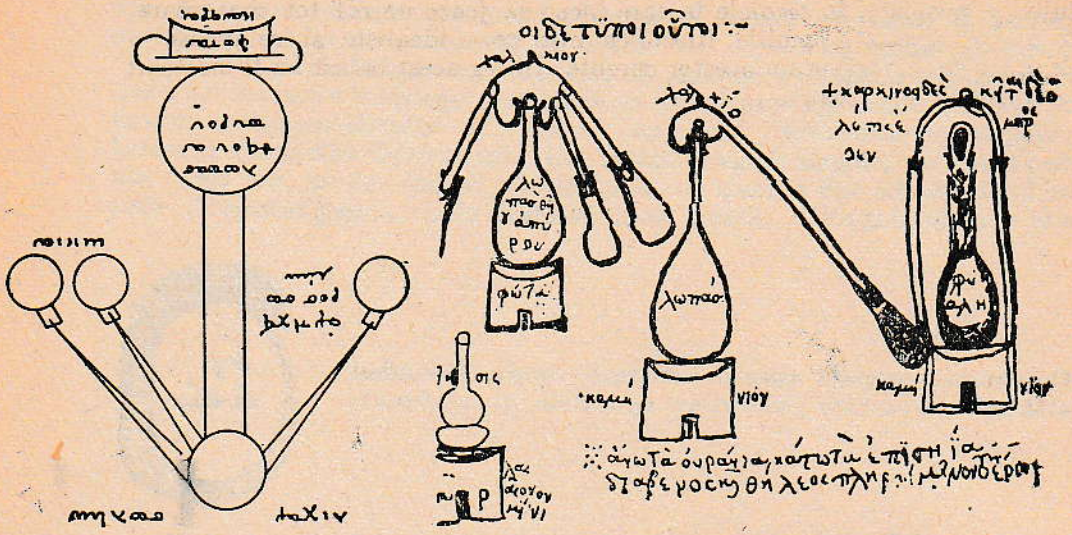
„roșul", „galbenul" sau „verdele". „Negrul" este cărbunele, iar „lupul" este plumbul.
Fiecare dintre alchimiștii alexandrini și postalexandrini (se citează, printre alții, episcopul Komarios, probabil profesor al alchimistei Cleopatra, alchimiștii Olympiodoros, Pelagios, Pibechios și cel mai important — Zosimos) adăugau elemente imagistice proprii descrierilor de operații chimice.
Zosimos din Panopolis, care trăiește prin secolul al III-lea sau al IV-lea al erei noastre, poate fi considerat ultimul alchimist al tradiției alexandrine. El pune condițiile realizării „marii opere" a transmutației ordinare în aur. Trebuie să fii credincios și cucernic, să păstrezi taina, să juri, să conjuri, și să știi să implori divinitatea să-ți dea ajutor, trebuie să cunoști miezul adevărat al formulelor magice, să știi să le folosești. Descrierile operațiilor



Formulă tainică (criptogramă) din cartea lui Zosimos, cunoscută sub numele de formula crabului. Exprimă, probabil, în limbaj simbolic, o rețetă de preparare a unui aliaj imitație de aur

chimice în cartea lui Zosimos par uneori descrieri de coșmaruri. Se întîlnesc în ele „omuleți cenușii" și „omul de aramă", oameni care se prefac în spirite suferind cumplite chinuri, ființe care-și mușcă propria lor carne și o scuipă, temple și balauri, dezvăluiri de taine și miracole.

[1] H. E. Fierz-David, *Eine Entwicklungsgeschichte der Chemie*, Basel, 1952, pp. 28—29.



Desene schematice din vechi manuscrise grecești; *stînga:* un aparat de distilare; *dreapta:* aparate de distilare, baie de nisip și baie de încălzire cu aer

Iată-l pe Zosimos descriind „o experiență" cu mercur:
„Ia inima aramei, care se ține deasupra apei de mercur și degajează un corp aeriform. Inima aramei, la început închisă strîns în vas, se va ridica în sus...".
Este vorba probabil aici de încălzirea ruginii mercurului (oxidul roșu de mercur) care plutește peste mercurul lichid și despre degajarea gazului (oxigenul din oxid).
Se pare că Zosimos a perfecționat aparatele de distilat și unele procedee metalurgice.
În scrierile lui apar totuși din loc în loc surprinzătoare afirmații științifice.
„Totul se petrece după o regulă precisă, după măsura și greutatea celor patru elemente — topirea ca și dizolvarea tuturor lucrurilor" sau: „Nu cu ajutorul unor forțe străine, dinafară, ci din sine însăși creează natura pietrele tari și plantele pline de sucuri..."
Caracteristic mai ales pentru perioada mai tîrzie a acestei epoci a alchimiei, care începe cam în secolul al III-lea î.e.n. și se termină cu Zosimos în secolul al IV-lea e.n., este această învăluire în mistic a materialului faptic și a principiilor teoretice.
Trecînd peste simbolistica naivă, peste limbajul plin de imagini și adeseori neinteligibil, găsim în manuscrisele rămase de la alchimiștii acestei epoci unele descrieri și desene care învederează progresele în utilajul artei chimice și în conducerea unor operații ca: distilarea, filtrarea, macerarea. Acest progres este prea mic însă pentru a fi determinat crearea unei concepții mai clare despre transformări. Evoluînd în condițiile descompunerii orîn-

duirii sclavagiste, în secolele în care încep să joace un rol tot mai mare, în orașele grecești, școlile filozofice mistice — idealiste și religioase — alchimia devine tributara acestor curente. Întreg acest balast va fi moștenit de alchimia europeană.

Alchimia arabă

Nu trecuseră decît 8—9 ani de la moartea lui Mahomed, cînd, prin anul 641, vărul lui Mahomed, califul Omar, intra triumfător în Egipt și cucerea Alexandria, după ce, în numele lui Alah și al profetului său, cucerise (640) Siria și Palestina, învingînd armata bizantină, apoi Mesopotamia, cetățile slab apărate ale Persiei și Armeniei.

La 2—3 ani după cucerirea Alexandriei, cu prilejul înăbușirii unei revolte a populației băștinașe, construcțiile mărețului muzeon fură dărîmate, iar colecțiile de manuscrise care mai supraviețuiseră incendiilor organizate în veacurile anterioare, din ordinul episcopilor creștini, fură folosite — timp de o jumătate de an — drept combustibil în băi publice. Se spune că grecii au izbutit să-l înduplece pe comandantul arab care dăduse ordinul de incendiere, să oprească pîrjolul și să transmită marelui calif rugămintea populației. Omar răspunse astfel cererii: „Dacă operele de care vorbiți sînt conforme cărților lui Dumnezeu, ele sînt inutile; iar dacă sînt contrare învățăturii lui, ele sînt periculoase; oricum, ele trebuie distruse".

De fapt slujitorii lui Alah nu făceau decît să desăvîrșească „opera" destructivă încă de mult începută de conducătorii bisericii creștine. În anul 390, din ordinul episcopului Teofil, o aripă a uriașei biblioteci alexandrine se prefăcea în cenușă. Religia, devenită oficială, proslăvea ignoranța ca o virtute. Nădejdea în viața de apoi — spunea sfîntul Ambrozie — n-are nevoie de discuții despre natură și despre locul pămîntului în lume.

În anul 415, femeia matematician Hypatia, ultimul matematician celebru alexandrin, fiica astronomului Theon, a fost ucisă cu o cruzime sălbatică din îndemnul patriarhului Ciril.

Biserica desființa școlile „păgîne". Din ordinul împăratului Iustinian al Bizanțului, fu închisă, în anul 529, și școala neoplatoniciană de la Atena, care concura școlile religioase oficiale.

* * *

În țările califatului arab, viața economică a cunoscut — după perioada cuceririlor — o dezvoltare destul de rapidă. Imperiul arab se întindea departe, pe țărmurile sudice, estice și vestice ale Mediteranei. Caravanele arabilor duceau și aduceau mărfuri dintr-o parte în alta a lumii, din India peste pustiurile Africii și Asiei pînă în orașele Spaniei. În anul 878, arabii Vahab și Abu-Said ajung cu corăbiile lor pînă în China.

O dată cu mirodeniile, cu porțelanul sau săbiile de Damasc și Toledo, cu ceaiul și mătasea, cu perlele și salpetrul, caravanele negustorilor arabi transportă manuscrise prețioase, documente, informații tehnologice.

Iau un avînt deosebit meșteșugurile, iar agricultura se perfecționează prin ameliorarea irigațiilor. Grădini neasemuite înfloresc în Damasc și Bagdad, în Sevilla, Cordoba și Toledo.

Pe terenul prielnic al acestei economii în dezvoltare pe spații geografice largi, se dezvoltă știința. Vechile comori culturale nu mai sînt disprețuite, ci dimpotrivă se strîng cu grijă. Se încurajează cercetarea originală. Califii își fac biblioteci cu mii de manuscrise salvate din vechiul muzeon alexandrin de către învățații refugiați din Alexandria în orașele iraniene. Bibliotecari - savanți traduc în arabă vechile lucrări și le comentează. Frînturilor din tezaurul alexandrin li se adaugă traduceri din opere indiene, chineze, iraniene. Bibliotecarul califului Al-Mamum scrie (în anul 830) celebra lucrare originală de matematică cu nume prescurtat *Al-Gebr*, nume din care derivă cuvîntul algebră.

Interesul pentru cunoștințele experimentale, pentru cercetarea naturii, devine mai viu decît în orice epocă anterioară, contrastînd puternic cu înapoierea ce caracteriza Europa în acea vreme. Pasiunea pentru știință își găsește expresia în adevărate poeme închinate matematicii și astronomiei și în metaforele folosite de savanți pentru descrierea instrumentelor lor de lucru. Un matematician arab își scrie opera în versuri și o închină fiicei sale „cu ochi minunați, Lilivati". Fizicianul Al-Hazini își va numi (1121—1122) instrumentul cu ajutorul căruia a determinat greutățile specifice ale corpurilor, „balanța înțelepciunii".

Se înalță noi observatoare astronomice. Astronomia, optica, medicina fac progrese remarcabile. Chimia găsește și ea un teren favorabil de dezvoltare. Industria meșteșugărească era interesată în rețete de aliaje, lacuri pentru metale și lemn, vopsele pentru fibre și țesături. Califii încurajau tot ce putea duce la creșterea producției de mărfuri, sursă de mari venituri. Este de înțeles interesul pe care îl prezentau pentru cercetătorii arabi operele „alchimiștilor" alexandrini. Ele au fost căutate prin toate ungherele orașelor imperiului arab, au fost traduse și comentate. Limbajul simbolic și mistic al unui Zosimos devenise cu totul anacronic în perioada înfloririi culturii arabe. Savanții încercau să descopere, sub vălul mistic, sîmburele experimental. Practica din atelierele meșteșugarilor producători de săbii, de aramă și bronz, de vopsele, oțet și spirt, din atelierele tăbăcarilor și a meșterilor producători de hîrtie[1], din laboratoarele spițerilor, — și, alături de ea, scrierile alexandrine traduse și comentate, au format sursele alchimiei arabe.

Prin anii 721—815, a trăit Djabir (Abu Musa-Djabir ibn-Haiyan). Lucrările lui Djabir nu seamănă de loc cu cele ale alexandrinilor și postalexandrinilor. Descrieri clare ale operațiilor iau locul încîlcitelor și transfiguratelor descrieri alchimice vechi. Opera lui Djabir este o adevărată enciclopedie chimică a veacului său. Descrierile ulterioare (secolul al XII-lea-al XIII-lea) ale experiențelor chimice sînt deseori inferioare ca limpezime și precizie.

[1] Arabii și-au deschis „drumul mătăsii" spre China prin victoria unui general arab asupra armatelor unui împărat chinez. La Samarkand sînt aduși 751 de prizonieri chinezi. Printre aceștia se găsesc și meșteri cunoscători ai secretului fabricării hîrtiei din scoarța copacilor, din cîrpe, cîlți sau paie. Acest secret este preluat de arabi și adus la Bagdad. Hîrtia produsă de meșterii arabi din Bagdad va folosi pentru traducerile în arabă a vechilor opere alexandrine și persane. Aceste manuscrise vor circula pînă la califatul din Cordoba.

Una dintre metodele experimentale folosite de Djabir este purificarea substanțelor chimice prin cristalizare repetată. Procedeul este și astăzi folosit în laboratoarele de chimie și în industria chimică. Djabir descrie pentru prima oară filtrarea într-un limbaj sobru și direct. Și, la fel, sublimarea. Cele mai interesante lucrări experimentale de chimie descrise de Djabir sînt: prepararea vitriolului (acidul sulfuric) prin distilarea alaunului și prepararea acidului azotic, prin încălzirea unui amestec de „sare chineză" (salpetru), piatră vînătă (sulfat de cupru) și alaun.

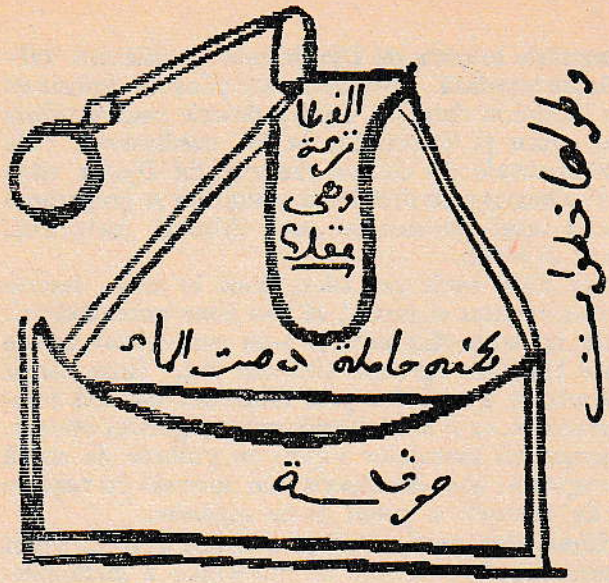
Chiar dacă el a preluat de la alții unele procedee, felul în care descrie metodele dovedește că le-a experimentat el însuși, că le-a adus îmbunătățiri. Și în orice caz, prin scrierile lui s-au răspîndit și s-au generalizat aceste metode de preparare folosite timp de aproape 1000 de ani. Între altele metoda de purificare și concentrare a oțetului prin distilare, metodă folosită ulterior nu numai în laboratoare, ci și în atelierele meșteșugarilor oțetari. Djabir a inventat metoda acoperirii metalelor topite cu pulbere de sticlă și borax pentru a le feri de ruginire; el a descoperit noi metode de vopsire a țesăturilor cu mordanți, de colorare a pielii și de argăsire.

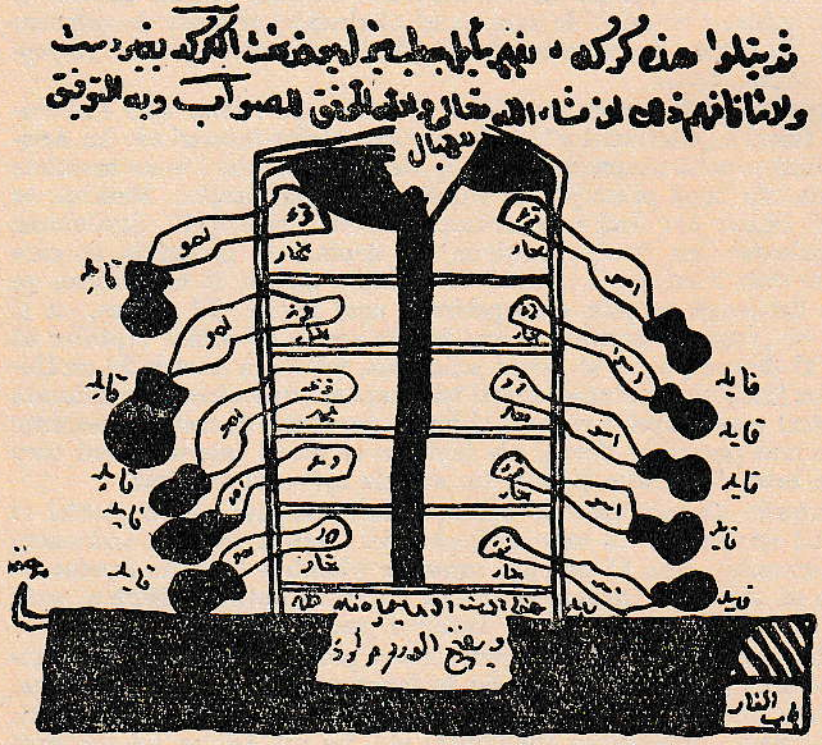
Inspirîndu-se din opera alchimiștilor greci, Djabir a urmărit și el ideea transmutației. El încearcă nenumărate procedee de înnobilare a metalelor. Desigur, mercurul nu lipsea din experiențele pe care le făcea în speranța de a realiza transmutarea plumbului, zincului, aramei. Astfel a obținut aliajele mercurului cu celelalte metale, aliaje cunoscute sub numele de amalgamuri. Tot încercînd operații de transmutare, acționa asupra aurului și argintului cu amestec de spirt de sare (acid clorhidric) și spirt de salpetru (acid azotic). El obține din amestecul celor două „spirturi" apa care „topește" metalul regal, aurul.

Lucrările experimentale asupra metalelor îl conduc pe Djabir spre elaborarea unei noi teorii a „elementelor". În locul elementelor-însușiri ale lui Aristotel, el creează o nouă abstracție: principiile. După Djabir, toate metalele ar fi alcătuite din două principii: al sulfului și al mercurului. Metalul, în concepția lui Djabir era deci o combinație a două „principii". Strălucirea metalelor, culoarea lor, toate însușirile lor depind de proporția în care sînt îmbinate cele 2 principii. Aceste idei despre metale îl împiedicau pe Djabir să-și înțeleagă propria descoperire a apei regale. El credea, ca și urmașii lui, că „topirea" aurului în apa regală este o dovadă a faptului că aurul poate fi descompus. I se poate adică lua însușirea esențială: strălucirea. Prin foc (încălzirea soluției) aurul își recapătă strălucirea. Prejudecata denatura sensul experienței. Creatorii chimiei vor vedea în aceste experiențe una din cele mai puternice dovezi ale faptului că aurul este un banal corp simplu, care intră în soluție și iese din soluție așa cum a intrat.

Experimentatorul Djabir încerca operații care păreau bizare. Astfel el încălzea urină fermentată cu sare de bucătărie. Așa a obținut salmiacul (clorura de amoniu). Știa să prepare sarea de plumb a oțetului (acetat de plumb), știa să „coloreze" mercurul în roșu (adică să obțină sulfură și oxid de mercur) și cuprul în galben, cu ajutorul pucioasei.

Se degajă din descrierile lui Djabir cunoașterea profundă a tuturor substanțelor chimice manipulate pe vremea lui în laboratoarele chineze și persane, iar mai înainte, în cele distruse ale Alexandriei. Pasiunea pentru încercări, setea de informare, limpezimea limbajului său fac din Djabir un adevărat premergător al experienței chimice științifice.





Aparate de distilare dintr-o lucrare arabă din secolul al XIII-lea

Urmașul foarte apropiat al lui Djabir este chimistul, medicul și filozoful iranian Abu-Bakr Muhammad ibn-Zakariya al Razi (latinizat Rhases; 864—925).

Figura de neobosit cercetător, practician și filozof a lui Razi se desprinde din cărțile rămase de la el și din relatările comentatorilor lui.

S-a născut în orașul iranian Ray, una din acele cetăți în care s-au refugiat mulți gînditori eleni alungați de prin locurile lor de baștină de persecuția religioasă creștină și care au menținut în Orient tradiția culturii eleniste. Cînd cuceritorii arabi au întemeiat în Iran califatul de Bagdad și au impus religia musulmană, ei au găsit aici o cultură puternică. Trăiau în orașele persane poeți, pictori, arhitecți, străluciți meșteri covorari, vopsitori neîntrecuți, medici celebri.

De tînăr, Razi a cercetat cu pasiune manuscrise acoperite de comentarii arabe ale falsului „Democrit", ale lui Africanos, Pelagios, Pibechios, ale lui Zosimos. Și-a făcut o primă practică la o spițerie a orașului, unde a făcut cunoștință cu instrumentele pentru producerea medicamentelor: mojarul, alambicul, retorta. A învățat aici să cunoască substanțele după gustul, mirosul și culoarea lor. A călătorit prin orașele persane. La Bagdad a cercetat procedeele de preparare a pastei de hîrtie. A învățat medicina și filozofia de la savanții școlilor arabe. A cunoscut desigur lucrările experimentale ale lui Djabir. Și astfel s-a născut pasiunea lui pentru arta transformării substanțelor.

Ca medic al spitalului din Bagdad a învățat să urmărească atent efectele substanțelor asupra corpului omenesc.

Zakariya al-Razi a citit lucrările vechi și comentariile lor cu pasiunea cercetătorului, cu luciditatea unui gînditor materialist. A reconstituit descrierile lucrărilor experimentale, încercînd să traducă în limbă obișnuită metaforele și alegoriile, formulele magice și imprecațiile. Ajungînd la ideea că singura cale de a da răspuns problemelor transmutației este încercarea practică, experiența, și-a amenajat un laborator într-o clădire de la marginea orașului. Găseai în acest laborator vase rezistente la foc din porțelan chinezesc, retorte și alambicuri, clești de apucat vasele, recipienți cu gît lung și scurt, foale de suflat. Mercur și salpetru, sare gemă și sare de mare, aramă și aur, pucioasă și borax, extrase aromate din plante și sute de alte materiale erau orînduite și etichetate în magazia laboratorului. În grajd, un loc special amenajat pentru încălzirile mocnite la căldura bălegarului. În laborator — sobe special construite pentru încălzirea pe băi de nisip și pe băi de apă, la flacără obișnuită și la flacăra puternică stîrnită de foale.

În acest laborator a încercat Razi sute de rețete de preparare a pietrei filozofale. A distilat tot felul de substanțe și materiale naturale, și printre ele: urină, sînge, fiere, grăsimi, încercînd să obțină mijlocul de colorare pentru transformarea metalelor ordinare în aur. El nota fiecare rezultat obținut, forma și culoarea cristalelor de pe fundul vaselor de distilare, crusta colorată de la suprafața metalelor încălzite, efectul acțiunii oțetului concentrat — după metoda lui Djabir — asupra metalelor.

Încercările de a obține „tinctura" dau greș, dar, cu prilejul acestor încercări, el descoperă zeci de substanțe nedescrise în alte lucrări. Ideea posibilității transmutației nu-l părăsește. Este convins că trebuie mereu căutate alte

căi de a transforma „materia fundamentală" despre care vorbeau vechii filozofi în „cele patru elemente" și că trebuie găsită proporția ideală a amestecului lor pentru obținerea aurului.
Razi încearcă efectul substanțelor obținute asupra organismelor vii. Unele din ele devin medicamente.
După o viață de încercări, materialul adunat se cere orînduit, clasificat, expus. Razi scrie un adevărat tratat de chimie practică în 12 cărți, subtitlul *Marea culegere*, prima carte sistematică destinată exclusiv problemelor prefacerii substanțelor. *Marea culegere* cuprinde o carte de introducere în cunoașterea genezei „spiritelor corpurilor, a pietrelor și mineralelor", o carte a artei alchimice, una a pietrei filozofale, alta a elixirului, o carte a metodei, alta a încercărilor pentru deosebirea aurului fals de cel veritabil etc. Razi îl sfătuiește pe cititorul său să se informeze, să studieze sistematic lucrările predecesorilor și mai ales să încerce singur.
Spre sfîrșitul vieții el scrie *Cartea tainei tainelor*, în care face descrierea metodelor de „roșire a mercurului", deci de obținere a aurului.
Una din aceste descrieri se termină astfel:
„...Dacă vei arunca atunci o parte din acest mercur peste 10 părți argint și vei combina cele zece părți, vei ajunge la aur".
Pare stranie prezentarea rețetelor de făcut aur, din partea unui om care descrie cu minuțiozitate operațiile chimice, care a făcut atîtea încercări neizbutite de a descoperi „piatra filozofală". Este însă probabil că el avea convingerea posibilității transmutației, că obținuse — tocmai prin metodele pe care le indica — unele schimbări de culoare care i se păreau conforme cu „ideile filozofice" despre transmutație și deci socotea că alții mai norocoși ca el, pornind pe această cale, ar putea în sfîrșit ajunge la rezultatele scontate.
Oricum, Razi nu este unul din acei alchimiști care vor degrada arta prefacerii substanțelor pînă la un mijloc de escrocare a naivilor. Razi a încercat și a comunicat rezultatele încercărilor sale, exagerînd doar acolo unde ideile îl făceau să creadă în ceea ce experiența refuza să confirme.
Metodele de încercare descrise de alchimistul iranian, informațiile despre însușirile substanțelor, despre utilajul de laborator și despre metodele de obținere a unor substanțe cu efect terapeutic au fost preluate de premergătorii experienței științifice în chimie. Rețetele de fabricat aur și falsele idei despre „colorarea" metalelor au fost preluate de alchimiștii arabi în secolele următoare, caracterizate prin stagnarea forțelor de producție și preponderența ideologiei mistico-religioase. Idei mistice, alegorii naive și născociri fantastice au invadat operele alchimiștilor arabi, proiectîndu-și umbra lor nefastă pe fondul sănătos de cunoștințe dobîndite de Djabir, Razi și alții. Aceste elemente antiștiințifice apărute în perioada de decadență a culturii arabe au fost preluate apoi de acei alchimiști europeni, care au rătăcit veacuri de-a rîndul în căutarea miraculoasei pietre filozofale.
Celebrul medic și filozof tadjic Abu-Ali Ibn-Sina (Avicenna), născut la Buhara, care a trăit între 980 și 1037 și al cărui „canon" medical a servit timp de peste 600 de ani în primele universități ale Europei, este unul dintre cei dintîi alchimiști care neagă posibilitatea transmutației. Metalele ordinare nu pot fi prefăcute în aur, proclamă Ibn-Sina. Încercările în această direcție sînt condamnate eșecului, deoarece deosebirile între metale sînt prea pro-

funde, pentru a putea fi schimbate prin simpla modificare a culorii. Sîmburele unei concepții materialiste despre elemente își găsește în acest argument o primă expresie puternică. Ibn-Sina (care acordă în învățătura sa o deosebită importanță studierii naturii și apără principiul unității dintre rațiune și experiență) îndrepta cercetarea chimică spre folosirea substanțelor la tratarea bolilor.

În „canon" se găsesc descrise, cu lux de amănunte, metodele de preparare a substanțelor medicamentoase. În acest sens, Ibn-Sina este un premergător al lui Paracelsus, care va proclama răspicat ideea: „Scopul chimiei nu constă în prepararea aurului și argintului, ci în prepararea medicamentelor".

Ibn-Sina a fost un gînditor profund și multilateral. Deși în parte tributar idealismului, el susține că materia este premisa a tot ce este real, că nu este posibilă cunoașterea fără o prealabilă experiență senzorială și consideră eficientă numai știința în care teoria se îmbină cu practica.

Clerul oficial musulman a condamnat ca dăunătoare concepția lui Ibn-Sina, care, susținînd teoria „adevărului dublu", admitea posibilitatea existenței separate, alături de religie, a filozofiei întemeiate pe rațiune.

Operele lui Ibn-Sina au exercitat, în perioada feudală, o puternică influență asupra gîndirii științifice a Orientului și Occidentului.

Printre alte „universalii", el a conceput o forță care există în lucruri și ființe, în pietre, în animale și în om, forță care dă formă lucrurilor. În traducerile latinești ale lucrărilor lui Avicenna, această forță a căpătat numele de *vis plastica* (forță plastică). Din această noțiune generală a derivat conceptul de *vis vitalis*, forță vitală imaginată de gînditorii evului mediu, ca generatoare a tot ce este viu.

Această noțiune s-a menținut timp de veacuri, pînă în secolul al XIX-lea, cînd experiența fundamentală a lui Wöhler, întemeietorul chimiei organice, avea să dea o lovitură hotărîtoare acestei idei, progresistă în epoca nașterii ei, deoarece căuta cauza fenomenelor în lucruri și nu în afara lor, dar incompatibilă cu adevărurile științei, care este strict materialistă.

Lucrările alchimiștilor arabi s-au răspîndit, prin Spania, în Europa, fiind traduse în limba latină și devenind surse de informații pentru alchimia europeană.

Nu este încă pe deplin elucidată, în istoria chimiei, problema existenței alchimistului Geber, al cărui nume este legat de o carte apărută în limba latină prin secolul al XIII-lea sub titlul *Geberi Arabis Chimia sive traditio summae perfectionis magisterii*[1]. Se presupune că Geber ar fi doar numele latinizat al lui Djabir și că opera apărută în secolul al XIII-lea n-ar fi decît reproducerea, cu unele adaosuri, a unei cărți a alchimistului arab. În introducerea cărții lui Geber, pe lîngă indicațiile date celor ce au de gînd să se consacre studiului alchimiei, se găsește formulată ideea că practica trebuie să stea în locul întîi și cunoașterea cărților în al doilea. Se pune așadar accentul pe experiență ca sursă a cunoașterii.

Se găsesc descrise în *Summa perfectionis*, în mod sistematic, metalele și însușirile lor, aparatele și metodele chimice folosite în veacul al XIII-lea. Toate substanțele cunoscute și cercetate de alchimiștii arabi sînt descrise

[1] *Chimia lui Geber Arabul, sau transmiterea tezaurului celei mai înalte învățături.*

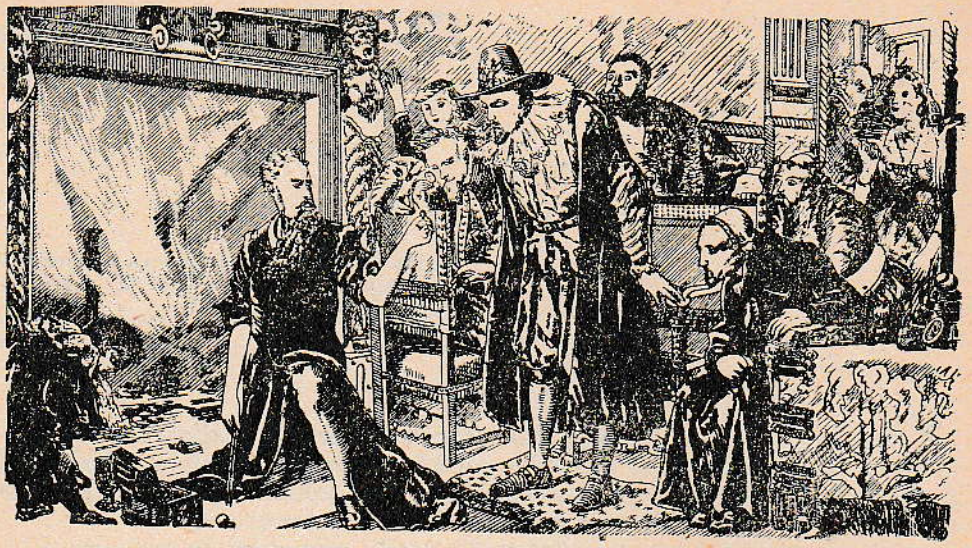
amănunțit și la fel metodele de sublimare, metodele de topire a metalelor, distilarea și calcinarea, dizolvarea și „fixarea" combinațiilor volatile, prepararea aliajelor cu însușiri speciale (ușor fuzibile, de exemplu).
Sînt descrise în cartea lui Geber toate metodele de preparare descoperite de Djabir, printre care metoda de purificare a sării de bucătărie pentru scopuri chimice, metoda de preparare a unor acizi minerali, a combinațiilor mercurului cu sulful etc.
Indiferent de raportul dintre Geber din secolul al XIII-lea și Djabir din secolul al IX-lea, cartea *Summa perfectionis* a rămas, timp de 300 de ani, cel mai important ghid al practicienilor alchimiști.
Prin această lucrare, s-a transmis Europei tezaurul de cunoștințe practice strîns de-a lungul cîtorva veacuri de alchimiștii arabi.

IV. Alchimia europeană

„Tagma chimiștilor de asemenea a construit din puține experiențe făcute la cuptor o filozofie fantastică..."

FR. BACON

Veacul al XV-lea, într-unul din orașele comerciale italiene...
O uliță dosnică, în afara zidurilor cetății, departe de forfota piețelor. E zi de vară. Din coșul unei case iese un fum alb, colorat din cînd în cînd de o trîmbă roșie, portocalie sau galbenă. E casa alchimistului.
În colțul unei săli mari, un cuptor din argilă refractară cu numeroase locașuri pentru oalele de cele mai diferite mărimi. Pe cuptor este instalat vasul de aramă al unui alambic, legat printr-o țeavă scurtă și îndoită cu un vas răcitor de lut așezat lîngă cuptor. Dintr-un cep al vasului răcitor se scurge, într-un ulcior florentin înalt cu cioc îndoit ca un gît de lebădă, un lichid uleios.
Într-un alt colț al laboratorului, o grămadă de zgură alături de un butoi plin cu pilitură de fier. Pe policioară, sute de borcane de porțelan roșu cu inscripții ciudate.
De tavan atîrnă o figurină de porțelan reprezentînd un pește.
Alchimistul este la masa lui de lucru. El urmărește cu atenție încordată rîndurile de pe un pergament îngălbenit de vreme, ros și pătat. Alături de masă, pe pardoseala de gresie, sînt risipite cărți deschise la cîte o pagină acoperită de semne ciudate.
Unul dintre ajutoarele alchimistului ațină cu foalele focul de cărbune din vatra cuptorului. Celălalt ajutor, în picioare lîngă o masă de lucru și o poliță cu vase, privește atent o retortă de sticlă așezată pe un trepied de metal, sub care arde flacăra tremurătoare a unei lămpi cu ulei. Pe masă se găsesc creuzete, pîlnii, suflaiuri cu ciocuri arse, baghete metalice și de sticlă, borcane cu grăunțe, pulberi și foițe metalice, mercur, săruri albe și colorate. Pe poliță, borcane mai mari cu fetuși de animale, cu șerpi și broaște într-un lichid gălbui. Citești pe etichetele unor borcane titluri ca acestea: „lapte de lup", „cinabru lunar", „arama lui Ahile" și o sută de alte nume de soiul acesta, neînțelese de profani.
Una din cărțile la îndemîna alchimistului este opera marelui Geber. Dar alături de ea stau cărțile unor alchimiști obscuri pline de rețete de preparare a „pietrei filozofale", a „elixirului", pline de încîlcite descrieri a drumului spre „marea operă".
Să citim împreună cu alchimistul nostru una din rețetele de preparare a „pietrei filozofale".
„1) Combinăm, adică preparăm pe A dintr-un corp și din mercur. 2) Îl supunem putrezirii și fierberii la foc dublu pe așa-numitul A. 3) După ce



Pictură a artistului polonez Jan Matejko (1838—1893) reprezentîndu-l pe celebrul alchimist polonez Sendivogius

el este fiert îl dezlegăm. 4) După liniștire îl separăm și îl împărțim. 5) După separare și împărțire continuăm să purificăm..."

Ce este acel corp A, despre care vorbește rețeta nu putem spune nimic și nici alchimistul nostru n-ar fi putut spune mare lucru. Cît despre operațiile de „dezlegare", „împărțire", „putrezire", ele se executau după fantezia și inspirația momentului.

În laboratorul alchimistului se așteaptă o vizită simandicoasă. Se pregătește o experiență de transmutare, la care vor asista principele cetății, doctorul curții, consilieri tehnici ai principelui. Experiența trebuie să reușească, deoarece principele a cheltuit pînă acum mii de ducați în contul „marii opere".

Se pregătește cositor, plumb, fier, mercur, aramă, apă de pucioasă și săruri de vopsitorie. Se pregătește un creuzet curat și o baghetă pentru amestecul topiturii. Se pune în acțiune suflaiul cel mare.

Sosesc participanții la experiență. Luminile pîlpîitoare ale lumînărilor de ceară aruncă pe pereți umbrele tremurătoare ale participanților. Alchimistul prezintă spre control bagheta, creuzetul, borcanele cu substanțe.

Ajutorul alchimistului pune creuzetul pe cărbunii încinși. Se introduce cositorul, care se topește văzînd cu ochii. Alchimistul adaugă plumb, pilitură de fier și aramă. Amestecă topitura. Povestește celor care-l ascultă, cu o teamă abia reținută, despre puterea de nedescris a prafului său miraculos. O cantitate cît un bob de mei din acest material dizolvată într-un butoi de apă ajunge pentru a face ca o vie să dea struguri copți în luna mai.

Participanții la experiență ascultă muți de uimire și privesc la mîinile îndemînatice ale alchimistului. Dintr-o cutiuță învelită cu grijă, alchimistul scoate pe un vîrf de cuțit un praf colorat. Îl aruncă pe cărbuni și deodată camera întreagă se umple de un fum multicolor. Nimeni nu mai

vede nimic. Se aud exclamațiile de teamă și încîntare ale doamnelor. Apoi, în timp ce se risipește fumul purpuriu, albastru și verde, alchimistul amestecă topitura cu bagheta și acoperă creuzetul cu capacul. Ajutorul suflă strașnic din foale. Creuzetul ajunge roșu-alb. După cîteva minute alchimistul ordonă asistentului său să scoată creuzetul din cuptor. Este lăsat să se răcească, apoi spart. Și din creuzet se rostogolește pe masă un mic lingou de aur strălucitor.

Nu-i greu de ghicit că aurul a fost introdus în creuzet, în timp ce fumul multicolor acoperea vederile asistenței. Dar principele este convins că alchimistul a izbutit. În curînd el va deveni cel mai bogat principe din lume...

Și așa se întîmpla la multe curți princiare, în veacul al XV-lea și al XVI-lea și chiar pînă în veacul al XVIII-lea.

Mulți alchimiști își sfîrșeau zilele pe rug, la spînzurătoare sau în închisori. Și în timp ce alchimiștii făgăduiau principilor aurul rîvnit, casele de bani ale negustorilor se umpleau cu aur adevărat!

Scolastică și alchimie

Într-adevăr, în veacurile de care am vorbit, alchimia europeană degenerase cu totul, transformîndu-se cel mai adesea într-o mare șarlatanie. Acesta avea să fie punctul final al evoluției „artei sfinte". Dar, cu toate că alchimia europeană s-a dezvoltat pe un drum fals, încîlcit, antiștiințific, ar fi simplist și greșit să reducem tendințele adeseori contradictorii, ce s-au manifestat în cadrul ei, la o simplă înșelătorie. Pentru a le înțelege este necesar să aruncăm o scurtă privire asupra epocii care le-a dat naștere.

Veacurile ce au urmat după căderea Romei (secolele al V-lea — al XII-lea) au fost pentru Europa occidentală o perioadă de vremelnic regres economic și cultural.

Orașele încetează de a fi centre ale vieții economice. Ele decad, unele sînt chiar părăsite. Meșteșugurile și comerțul cedează locul economiei naturale. Acestor secole le este caracteristică fărîmițarea feudală a economiei, o producție destinată consumului propriu, schimburi limitate, în general, la o piață locală, în cadrul strîmtelor granițe ale feudelor.

Pe cînd orașele-state grecești, coloniile grecești și Roma antică făceau un comerț puternic, legînd prin relații de schimb de mărfuri — pe calea Mediteranei și pe căile de uscat — țările Europei și Asiei, stătulețele feudale născute pe ruinele orînduirii sclavagiste n-au mai cunoscut timp de mai multe secole, decît într-o măsură neînsemnată, schimbul de mărfuri pe arii geografice mari. Orizontul larg mediteranean a lăsat locul strîmtului orizont al feudei, care nu putea oferi o atmosferă prielnică dezvoltării științei și culturii.

Neîncetatele războaie între feude și între statele feudale au reprezentat și ele o condiție negativă pentru cercetarea științifică. Eroul feudal era purtător de spadă și cruce și nu i-ar fi stat bine să descifreze buchile cărților grecești sau latine, nici să culeagă ierburile cîmpului și insectele pentru a le cerceta alcătuirea sau să deseneze cu toiagul arhimedian, pe nisip, cercuri și semne complicate. Împotriva științei se înverșuna fanatismul religios.

Alegorie alchimică din cartea *Della transmutazione metallica* de G.B. Nazari, Brescia 1572. Monstru cu barbă, cu trup de şarpe, cu simbolurile lunii, soarelui şi al planetei Mercur

<

Nu este de mirare aşadar că în aceste prime secole ale evului mediu — secole de barbarie feudală — pînă şi ştiinţa de a descifra buchile unei cărţi devenise o raritate, chiar printre odraslele clasei stăpînitoare.

După arderea muzeonului alexandrin, distrugerea valorilor ştiinţifice ale antichităţii a continuat.

Cu toate acestea au rămas în lume puncte de conservare a cunoştinţelor, locuri în care se păstrau lucrările enciclopedice ale lui Plinius sau ale lui Galen şi chiar unele rare centre de cercetare originală, ca la Salerno, în sudul Italiei. În secolul al IX-lea medicii din Salerno sînt celebri în lumea întreagă, iar în secolul al XI-lea, ei traduc lucrările medicilor arabi din centrele de cultură ale Asiei; de-abia în secolul al XII-lea faima medicilor din Salerno este întunecată de cea a medicilor arabi şi evrei din oraşele cucerite ale Spaniei.

De altfel cunoştinţele de medicină amestecate cu practici magice erau păstrate chiar şi în mănăstiri, deoarece răspundeau unor nevoi imediate ale monahilor şi le dădeau acestora un puternic ascendent faţă de „păstoriţi". În şcolile înfiinţate pe lîngă catedrale (în imperiul întemeiat de Carol cel Mare în a doua jumătate a secolului al VIII-lea) se predă aritmetica, dar mai tîrziu disciplinele predate în şcolile mănăstireşti se reduc la: muzică, teologie şi latină.

Începînd din secolele al XI-lea—al XIII-lea începe să sufle vîntul unei înviorări economice, care se intensifică în secolele al XIV-lea—al XV-lea, cînd orînduirea feudală începe să se descompună. Producţia meşteşugărească creşte, se dezvoltă comerţul, relaţiile economice bazate pe schimbul de mărfuri şi pe bani ocupă un loc din ce în ce mai important în viaţa economică. La locurile de încrucişare a vechilor drumuri comerciale, croite încă din epoca orînduirii sclavagiste, se nasc tîrguri, dintre care unele se prefac în oraşe puternice, centre ale meşteşugurilor şi comerţului. Poziţia geografică deosebită a unor oraşe ca Veneţia, Pisa şi Genova face din ele nişte cetăţi ale comerţului mediteranean. Oraşele Cambrais, Amiens, Soisson, Dijon şi altele devin puternice „comune" burgheze, pe care se bizuie regii în lupta lor cu seniorii. În centrul şi răsăritul Europei se dezvoltă oraşele Praga, Cracovia, Riga, Novgorod şi altele. Răscoalele ţărăneşti contribuie la slăbirea puterii seniorilor feudali şi la creşterea puterii oraşelor şi regelui.

Cruciadele — războaie pentru stăpînirea drumurilor comerciale dintre Europa și Asia și a înfloritoarelor centre ale Orientului, în acea vreme mai înaintate chiar decît țările Europei occidentale — duc nu numai la lărgirea legăturilor comerciale, ci și la cunoașterea și însușirea unora din realizările culturii orientale și în special arabe.

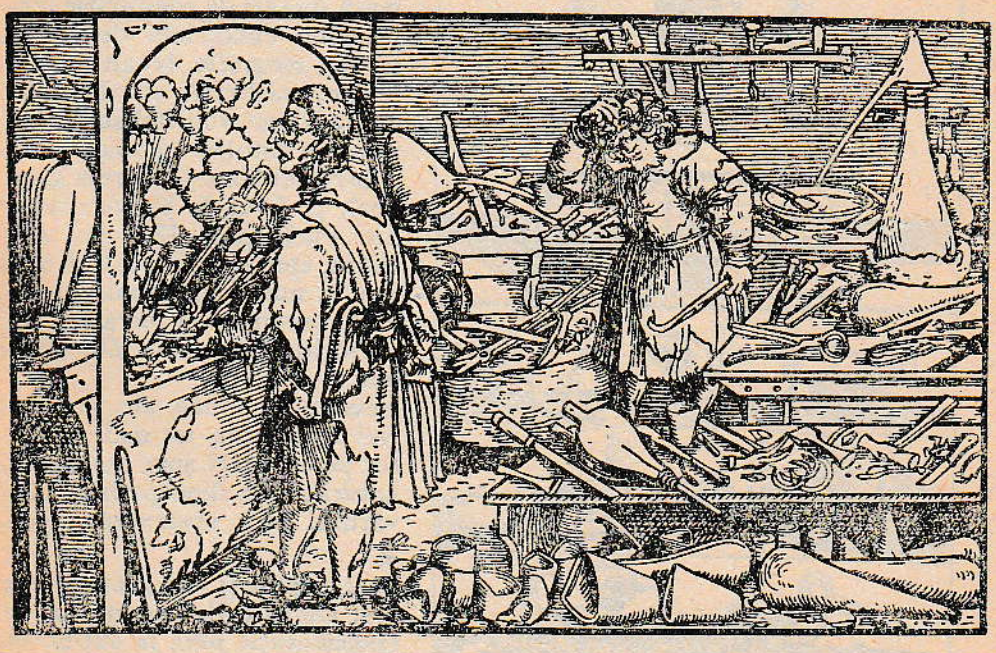
Astfel se ivesc în producție un șir de perfecționări tehnice.

Adusă din Orient în timpul cruciadelor, a apărut moara de vînt; pe dealurile europene au pornit astfel a se învîrti aripile de care se va lovi simbolic, mult mai tîrziu, simbolicul Don Quijotte.

Se amplifică foalele și astfel crește temperatura în cuptoare. Mori de apă furnizează energia pentru forje hidraulice; aceasta înseamnă un nou avînt al metalurgiei. Ciocane puternice mișcate de energia apelor multiplică posibilitățile de prelucrare a oțelului. La munca cîmpului se folosește roaba, care ajută la defrișări și ameliorări de ogoare. Se dezvoltă culturile de zarzavaturi și pomi fructiferi. În Italia apare sericicultura.

În 1232, chinezii folosesc pentru prima oară împotriva năvălitorilor mongoli praful de pușcă exploziv ca armă de luptă și nu ca material de artificii. Pe drumul mătăsii, care merge pînă la Damasc și de acolo — probabil — pe drumurile Mediteranei, praful de pușcă ajunge în Europa.

Șantierele navale ale mărilor de nord freamătă de activitate. Se inventează cîrma cu grindă, care mărește siguranța transporturilor pe apă. Cîrma a fost fixată cu piese metalice de corabie. Pînzele au înlocuit lopețile și a crescut astfel tonajul. Se perfecționează acul magnetic, iar corăbiile navighează mai sigure, avîntîndu-se mai spre larg, cu busola lîngă cîrmă. Sticla de

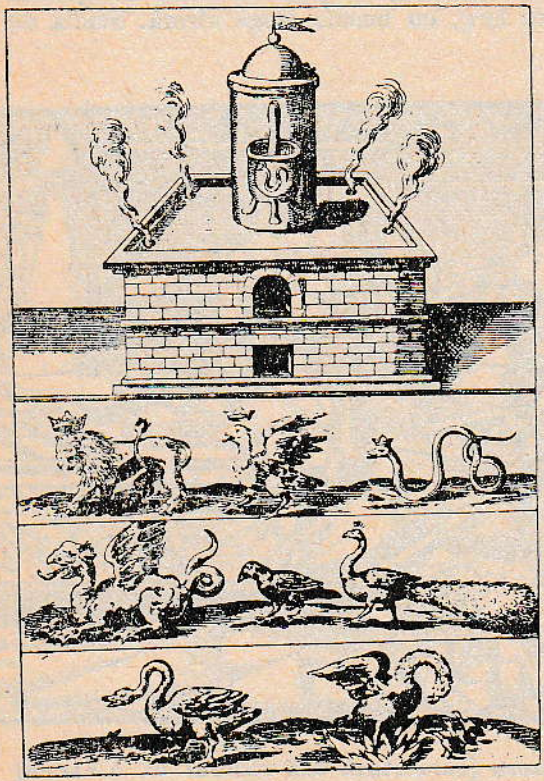


Un alchimist și ajutorul său la lucru (caricatură din secolul al XVI-lea)

geam capătă o utilizare tot mai largă. Se inventează (secolul al XII-lea-al XIII-lea) ceasul cu rotițe, ochelarii; se fabrică hîrtia. În ateliere se lucrează cît ține ziua, ba și la lumina feștilelor. Se bat șine de roată, se lucrează arme și zale pentru cavaleri, unelte, războaie de lemn pentru țesutul lînii.

În aceste veacuri de creștere a avuției și puterii orașelor, de dezvoltare a producției meșteșugărești, renasc, într-o anumită măsură, condițiile învățăturii și ale acumulării cunoștințelor științifice. Primele universități ale Europei se constituie la Paris, Cambridge, Neapole, Orléans, Padua, Praga, Pavia, Viena.

Pînă la începutul secolului al XII-lea, singurul material documentar științific, pe care-l aveau la îndemînă călugării-profesori ai primelor universități europene, erau lucrările în limba latină ale unor autori ca Boetius (care reproduceau în compendiile lor părți din vechile opere ale filozofilor greci) și comentariile „părinților bisericii", în care se găseau referiri disparate la cărțile lui Aristotel. În secolele al XII-lea și al XIII-lea, o întreagă pleiadă de traducători din arabă în latină și din greacă în latină lucrau în Spania, sudul Italiei și Sicilia, răspunzînd cererii și interesului pentru cunoștințe științifice. Între 1125 și 1280 au fost traduse operele lui Aristotel, Ptolemeu, Euclid, Galen și Hipocrate, Avicenna, Averroes, ale astronomilor, matematicienilor și alchimiștilor arabi. Episcopul din Lincoln, franciscanul Robert Grosseteste importă cărți grecești în original și invită cărturari greci în Anglia, iar teologul Albert von Bollstädt — 1193 (sau 1207)—1280 — comentează opera tradusă a lui Aristotel și redactează lucrări de compilație, cuprinzînd cunoștințe de astronomie, geografie, botanică, zoologie, medicină și alchimie. Acest Albert von Bollstädt, botezat de catolici cu numele de Albert cel Mare (Albertus Magnus), profesor la Universitatea din Paris prin 1245 și, mai tîrziu, episcop catolic la Köln, este și unul din primii alchimiști europeni. O lucrare a lui se intitulează chiar *De alchimia*.



Nevoile crescînde ale producției împingeau tot mai stăruitor pe învățați spre cercetarea naturii, spre descoperirea adevărului prin observarea feno-

Sus: cuptor și vas „hermetic"; jos: simbolurile operațiilor de transmutație pînă la obținerea pietrei filozofale (pelicanul)

Reprezentare simbolică-fantastică a operațiilor alchimice (sub acțiunea apei și a focului, zeul mării și copiii săi sînt prinși într-o picătură)

>

menelor și prin experiență. În calea acestor tendințe se ridica însă amenințătoare biserica catolică, a cărei imensă putere stătea de strajă rînduielilor feudale, înăbușind și prigonind orice scînteiere a gîndirii științifice. Dogma bisericească își subordona tiranic toate domeniile vieții spirituale a societății, străduindu-se să stîrpească orice idee nouă, pe care o proclama de îndată „erezie" și o pedepsea nu numai cu amenințarea iadului în viața de apoi, ci și cu tortura și arderea pe rug în viața pămîntească.

În secolele al XI-lea–al XIII-lea se formează și își ocupă locul de ideologie oficială a feudalismului catolic *scolastica*. Această filozofie vrăjmașă științei, îmbibată de intoleranță fanatică, de idealism și de un extrem formalism, exercită o dominație exclusivă în școli.

Filozofia — proclamă scolastica — nu poate pretinde alt rol decît acela de slujnică a teologiei. Rostul învățaților, al filozofilor este doar acela de a demonstra adevărul dogmelor religioase. O imensă energie intelectuală se irosea în universități pentru a dezbate pe cale strict deductivă, folosind cele mai rafinate artificii și chițibușuri din domeniul logicii formale, probleme de o asemenea „însemnătate științifică" cum sînt: „dorm sau nu dorm îngerii?" sau „ce vîrstă avea Adam în momentul în care a fost creat de Dumnezeu?"

Dar marele rău pe care-l face scolastica nu consta doar în sterilitatea acestei „arte de a tăia firu-n patru". Proclamînd cuvintele de ordine obscurantiste „crede și nu cerceta", „cred pentru că este absurd", scolasticii socoteau că tot ce este adevărat a fost demult stabilit de religie într-o formă imuabilă și că orice sursă de cunoaștere — în afară de „autoritățile sacrosancte", Sfînta Scriptură, învățătura „părinților bisericii", teoriile falsificate și osificate în spirit religios ale lui Aristotel și ale altor antici — este „de la diavolul".

Nu ceea ce este în natură îl interesa pe scolastic, ci ceea ce scria în textele pseudoautorităților. Bătîndu-și joc de scolastici, Galilei povestea că un scolastic, răspunzînd unui anatomist care îi dovedise că nervii merg spre

creier și nu spre inimă, spunea: „Mi-ați arătat toate acestea atît de clar și de palpabil, încît dacă textul lui Aristotel nu ar susține contrariul — iar acolo se spune de-a dreptul că nervii se nasc în inimă — ar fi fost necesar să recunosc aceasta drept adevărat".

Născocire a scolasticilor, „calitățile ascunse", „virtuțile" sau „naturile" lucrurilor încercau să înlocuiască orice explicație cauzală a fenomenelor. Goale de sens, aceste expresii au pătruns în vocabularul tuturor semidocților, devenind platoșe ale ignoranței.

Biciuind pe medicii ignoranți în comedia *Bolnavul închipuit*, Molière descrie o ceremonie burlescă de acordare a titlului de doctor. Candidatul este întrebat într-o limbă papagalicească, împestrițată cu expresii latinizate, despre cauza care face ca opiul să te adoarmă.

La acest examen, candidatul răspunde, în aceeași limbă papagalicească:

„Quia est în eo
Virtus dormitiva
Cujus est natura
Sensus ațipire"[1]

Ceea ce ar însemna: opiul te adoarme fiindcă are în el o virtute adormitoare, a cărei natură este să te facă să ațipești.

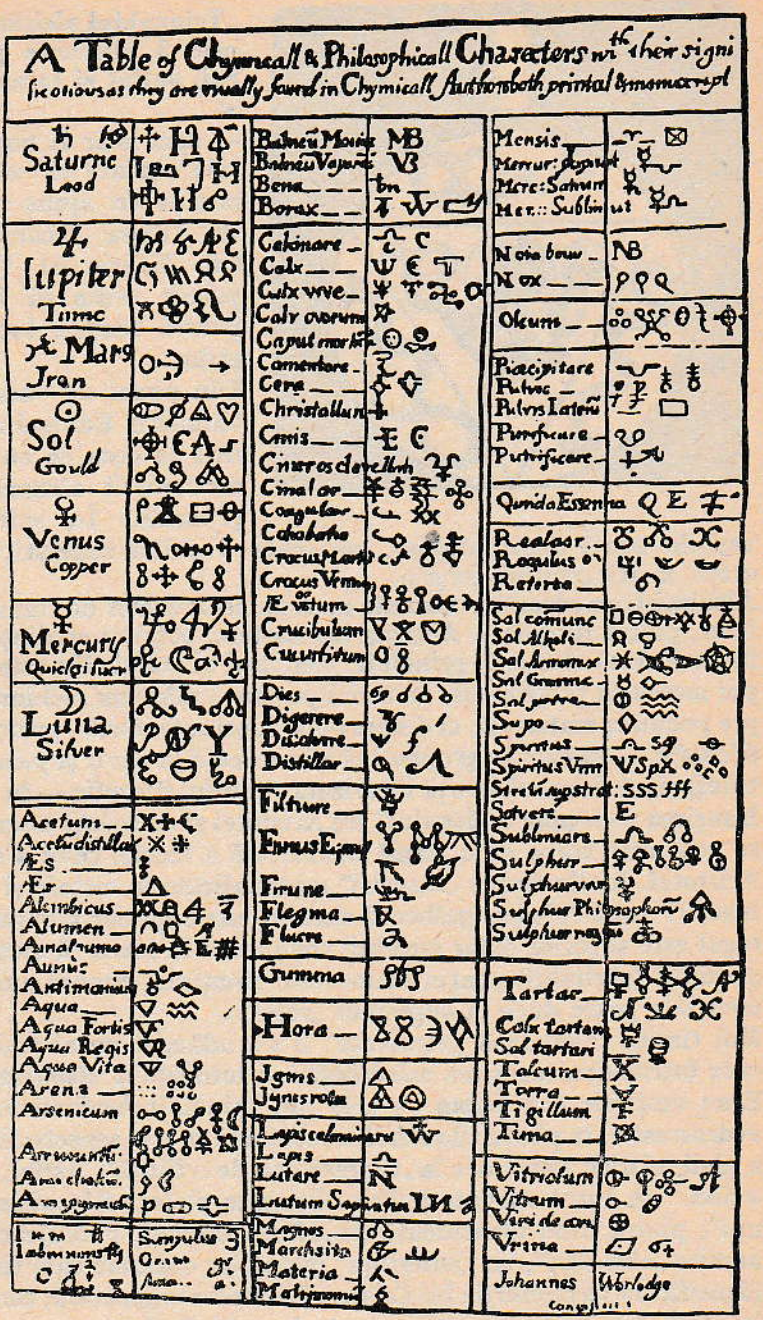
Scolastica se temea în fond de experiență. Ea accepta și încuraja speculațiile în jurul noțiunilor, în măsura în care sterilul joc de-a cuvintele furniza noi argumente „raționale", conform teologiei.

Tocmai de aceea știința experimentală modernă nu s-a putut naște decît în luptă înverșunată împotriva obscurantismului mistic și a scolasticii. Deosebit de puternică și dăunătoare a fost influența scolastică asupra alchimiei europene, pe care a îmbibat-o adînc, împiedicînd timp de secole transformarea ei într-o adevărată știință.

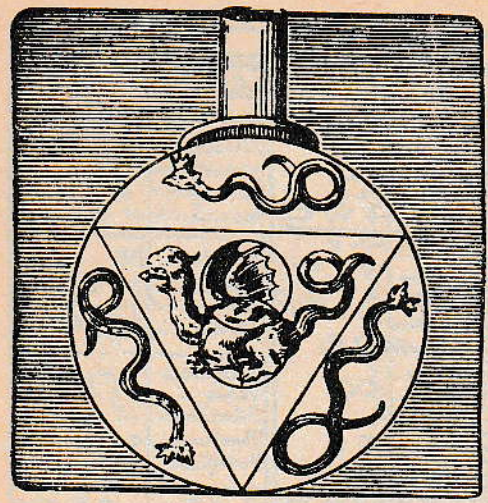
În ansamblul ei, alchimia medievală europeană, în care domina — în dauna tendinței experimentale proprie, de pildă, alchimiei arabe — tendința speculativă, scolastică, era o disciplină antiștiințifică, un vast conglomerat în care cunoștințe răzlețe și rudimentare de chimie practică se amestecau, într-un extraordinar haos mistico-fantastic, cu tradiții mitologice provenite din vechile religii, dogme ale religiei creștine, frînturi din teoriile filozofilor idealiști, astrologie și magie, folclor și superstiții. Alchimia era chemată să slujească interesele regilor, prinților și episcopilor, să le procure aurul după care jinduiau și în același timp să-și aducă și ea prinosul la fundamentarea dogmelor religioase. În timp ce alți reprezentanți ai științei erau prigoniți, printre alchimiști se numărau mulți călugări — și chiar episcopi — dintre care unii au fost chiar canonizați. Henric al VIII-lea al Angliei, Carol al VII-lea al Franței, împăratul Rudolf al II-lea al Germaniei se îndeletniceau cu alchimia. Mulți alți regi și prinți le urmau pilda, sau cel puțin aveau în slujba lor alchimiști „de curte".

Speranța găsirii unor procedee de transformare a metalelor ordinare în aur îi atrăgea pe feudali ca un miraj, în aceste vremuri, în care dijma în natură începuse să fie înlocuită prin dijma în bani, cînd feudalii înglodați în datorii căutau o ieșire din încurcăturile lor financiare, cînd comerțul între piețe îndepărtate cerea capital lichid, fie el obținut prin camătă, furt sau

[1] Molière, *Opere*, vol. IV, E.S.P.L.A., București, 1957, pp. 723—724. Traducerea comediei de Tudor Bogdan și Ștefan Grudu.



Simboluri alchimice din cartea lui Basilius Valentinus. În prima coloană sînt date simbolurile, numele celor 7 metale și aștrii asociați metalelor



„Triunghiul alchimic", simbolizînd cele 3 elemente primare: mercurul, sulful și sarea

<

— dacă s-ar fi putut — în cuptoarele ciudate ale alchimiștilor. Lucrurile au ajuns pînă acolo încît în Anglia secolului al XV-lea, sub Henric al VI-lea, clerul a primit ordin să înalțe rugăciuni pentru reușita lucrărilor alchimiștilor.

Din punct de vedere teoretic, alchimiștii Europei medievale au rămas la ceea ce au moștenit de la alchimiștii alexandrini, bizantini și arabi. În spiritul scolasticii, vechile teorii devin dogme, pe ceața vechilor superstiții se suprapune ceața misticismului creștin.

Alchimiștii credeau în existența unui puternic factor de transmutație a metalelor, piatra filozofală. Aceasta lua naștere, potrivit credinței lor, din îmbinarea a două elemente-principii: mercurul și sulful. Nu este însă vorba despre mercurul propriu-zis, material pe care-l mînuiau alchimiștii, și nici despre pucioasa materială, ci despre două substanțe ideale, principii — mercurul filozofic — în care se grupau însușirea *lichid* (a apei) și *pămîntesc* (a pămîntului) și o a doua substanță idealizată — sulful filozofic — în care se însumau însușirea de *arzător* a „focului" lui Aristotel și de *volatil* a aerului. După cum se vede este vorba de o formă modificată a teoriei celor 4 elemente ale lui Aristotel. Ideile despre „însușiri" materializate în metale și ierarhia acestor însușiri după culoare (galbenul aurului este superior albului argintului, iar roșul este superior chiar aurului) conduceau la ideea că mercurul (veritabil) și sulful (veritabil) conțin elementele esențiale. Numai unirea elementelor esențiale poate duce la supremul „roșu"...

Mai tîrziu, celor două „elemente" li s-a adăugat un al treilea — sarea — care întruchipa însușirea *solubilității* și totodată a *stabilității* față de foc. Erau vestitele *tria prima* — cele trei principii fundamentale. Alchimiștii vedeau astfel în piatra filozofală o substanță în trei aspecte diferite, întrupare a ideii mistice privitoare la „treimea cea de o ființă". Astfel, în *Cartea sfintei treimi*, un autor anonim descrie obținerea pietrei filozofale ca „facerea lumii", piatra fiind identificată cu „sfînta treime". Falsificările chimice sînt numite „anticrist", iar „suferința" metalelor ordinare care tind spre aur este identificată cu chinurile lui Cristos. La confuzia generală, contribuia secretul în care alchimiștii învăluiau toate încercările lor.

Caracterizînd alchimia europeană, Fr. Engels a subliniat: „De altminteri, între alchimie și religie există o legătură foarte strînsă. Piatra filozofală are multe însușiri asemănătoare celor divine, iar alchimiștii egipteni și greci din

primele două veacuri ale erei noastre au contribuit și ei la elaborarea doctrinei creștine..."[1].

Iată și o mostră a imagisticii fantastice care alcătuia limbajul caracteristic alchimiei europene:

„Curăță pietrele pămîntului, curăță-le mereu și treaba va fi bună. Dacă înțelegi acum cuvintele filozofilor, vei avea secretul operei. Află, deci că fiul care a fost crucificat va fi curînd reînviat din morți și, cum el are un suflet, va trebui să încălzești mai mult, căci el se hrănește numai cu foc, de aceea l-au numit filozofii salamandră, căci salamandra se hrănește și ea cu foc" (Arnold Villeneuve[2]).

Chiar Paracelsus, unul dintre premergătorii experienței chimice propriu-zise, vorbește astfel vrînd să descrie oxidarea unui metal:

„Principiul sulf iese din metal; acesta este inima lui. Rămîne cadavrul metalului". Aici se exprima totuși, în mod general, un fenomen: oxidarea metalelor.

În legătură cu secretul operațiilor și al rezultatelor, se poate cita acest text, cunoscut ca „mesajul lui Isis către fiul ei Horus".

„Jur pe cer, pe pămînt, pe lumină și pe întuneric; jur pe foc, pe aer, pe apă și pe pămînt; jur pe înălțimea cerului, pe adîncimea pămîntului și pe abisul iadului; jur pe Mercur și pe Anubis, pe lătratul demonului Karkouroboros și al cîinelui cu trei capete, cerberul, paznic al iadului; jur pe glasul lui Acheronte; jur pe cele trei parce că nu voi dezvălui aceste cuvinte nimănui altuia decît fiului meu nobil și drag".

Numele lui Jean Esparguet, Raymond Lull[3] (Raymundus Lullus), Basil Valentin[4] (Basilius Valentinus) sînt de obicei asociate cu profesiunea de alchimist european. Sînt dintre cei ce au lăsat scrieri. Au fost însă mii de alchimiști care n-au lăsat opere scrise. Ei operau la curțile regilor din Europa occidentală, în mănăstiri, în castelele seniorilor feudali.

[1] Fr. Engels, *Ludwig Feuerbach și sfîrșitul filozofiei clasice germane*, în K. Marx și Fr. Engels, *Opere alese în două volume*, ediția a II-a, E.S.P.L.P., București, 1955, p. 411.

[2] Arnold Villeneuve (sfîrșitul secolului al XIII-lea — începutul secolului al XIV-lea). Alchimist european de mare faimă, despre care se credea că stăpînește „marea taină" a transmutației. Lucrările lui au avut o puternică influență asupra celorlalți alchimiști care au dezvoltat latura mistică a alchimiei europene. În jurul anului 1290, îl inițiază în tainele alchimiei pe Raymond Lull. Spre sfîrșitul vieții, Villeneuve a fost anatemizat de papă, fiindcă susținea că medicina și caritatea sînt mai plăcute lui Dumnezeu decît slujbele religioase.

[3] Raymond Lull (1235—1315), scolast, care a încercat să-i convertească pe mahomedani la religia creștină, „dovedindu-le" greșelile credinței lor, printr-o „mare artă" inventată de el, care consta în a alătura mecanic unui subiect dat toate predicatele posibile. Printr-un decret al Universității din Paris din 1309 i se aprobă „arta". Pentru convertirea arabilor, el propune să se înființeze colegii de învățare a limbii arabe. Prin opera lui, Raymond Lull contribuie la misticizarea alchimiei europene.

[4] Călugăr dominican, reprezentant al curentului experimental al alchimiei; descoperitor al antimoniului. Scrierile lui datează din a doua jumătate a secolului al XV-lea. El dezvoltă teoria celor 3 principii: sulf, mercur și sare. Existența reală a lui Basilius Valentinus este pusă la îndoială, lucrările lui fiind atribuite lui Johann Thöldon (scrise în 1600).

Un vestitor al timpurilor noi: Roger Bacon (1214–1294)

Cu toate sforțările bisericii catolice, roata istoriei nu putea fi oprită. Progresul științific își cerea dreptul la viață, reprezentanții săi se ridicau la luptă împotriva spiritului mort și ucigător al scolasticii. Unul dintre vestitorii științei experimentale și ai chimiei științifice a fost Roger Bacon.

Călugăr din ordinul franciscanilor, Roger Bacon a studiat la Oxford matematica, limba greacă și latina, gramatica și teologia. Definiția dată de el alchimiei („arta de a prepara o pulbere, care, aruncată peste metale ordinare, le preface în aur"), identică în expresie cu ideea dominantă a vechilor căutători ai pietrei filozofale, se bazează însă pe o concepție generală nouă: forța științei bazată pe experiență este nelimitată; ea va face posibilă și transformarea metalelor ordinare în aur.

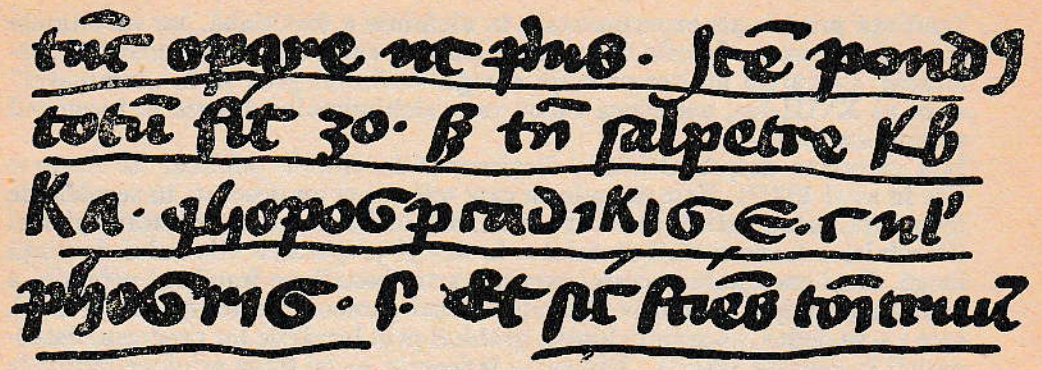
Ridicîndu-se cu vigoare împotriva împilării feudalilor, demascînd viciile clerului și ale slujitorilor papii, fără să-l cruțe nici pe papă, înfierînd desfrînarea și luxul, minciuna și înșelăciunea, Bacon este aruncat în temniță. Un vechi prieten din tinerețe, devenit papă sub numele de Clement al IV-lea, îl eliberează și-l încurajează să-și scrie „în mare taină" operele. După moartea lui Clement al IV-lea, în anul 1277 Bacon este din nou azvîrlit în închisoare — de către noul papă Nicolae al IV-lea — și moare probabil acolo.

În cărțile sale, Roger Bacon își ridică glasul împotriva speculațiilor sterpe ale scolasticii. Fără să se poată elibera întru totul de ideile naive ale contemporanilor, el proclamă însă necesitatea studierii naturii. Iată-l vorbind (în *Oglinda alchimiei*) ca un alchimist: „Natura încearcă mereu să atingă perfecțiunea, adică aurul"[1]. Dar tot el spune, chemînd la deschiderea unor drumuri noi: „Există o singură știință de care este nevoie pentru a le verifica pe toate celelalte, știința experienței, care depășește științele bazate pe argument, deoarece aceste științe nu aduc certitudine, oricît de puternic ar fi raționamentul, atîta vreme cît nu se adaugă experimentul pentru a dovedi concluziile lor"[2].

Numai știința experimentală, „împărăteasa științei", este în stare să stabilească ce poate face natura, ce poate realiza arta și ce e rodul înșelăciunii. Numai ea „merge pînă la cunoașterea cauzelor fenomenului"[3]. Numai ea ne învață cum să judecăm toate nebuniile magicienilor, spune același Roger Bacon. Așadar, el opune metodei scolastice a argumentelor bazate pe autoritatea „părinților bisericii" sau ale comentatorilor lui Aristotel metoda cercetării experimentale. El neagă identitatea dintre dogmă și adevăr, susținînd că sursa cunoașterii se găsește în cercetarea fenomenelor. El cere gînditorilor să-și întoarcă privirile de la buchile cărților spre lume; le cere să se înarmeze cu instrumentele materiale ale cercetării lumii materiale.

Pe vremea lui, matematica era prost privită de oficialitatea bisericească. Bacon intuiește valoarea matematicii pentru știință și proclamă necesitatea studiului matematicii, ca și al opticii, pe care o numește „perspectiva". El aplică matematica la corectarea calendarului, descrie fenomenul reflexiei și al refracției, proprietățile oglinzilor plane și ale lentilelor, schițează, pe

[1] William Cecil Dampier, *A History of Science*, Cambridge, New York, 1944, p. 101.
[2] Ibidem.
[3] Ibidem.



Rețetă de praf de pușcă în lucrările lui Roger Bacon

baza datelor „perspectivei", ideea construirii ochelarilor și a unui telescop, unealtă de examinare a lumilor de la distanță. Susține chiar ideea sfericității pămîntului. Descrie invenții cunoscute pe vremea sa, ca focul grecesc, praful de pușcă, magnetul. Păstrează însă, între toate aceste lucruri reale, fantastica piatră filozofală.

Convins de forța nelimitată a științei experimentale, el prevestește corăbii care se vor mișca fără lopeți și fără forța oamenilor, mașini zburătoare etc. Dar printre toate încercările sale izbutite și neizbutite, Roger Bacon realizează o experiență tipică.

El își propune, în anul 1260, să dovedească pe cale experimentală un adevăr susținut și de alții, dar nedovedit pînă atunci: că arderea nu se poate realiza în absența aerului. Idei vagi despre „sufletul lucrurilor", care le părăsește prin flacără, au fost formulate de filozofii din vechime; dar toate divagațiile pe tema fenomenului concret al arderii se întemeiau doar pe asociații mintale, pe raționamente mistico-religioase. Roger Bacon își propune să dovedească legătura dintre aer și ardere. Pentru aceasta, el închide o lumînare sub un clopot bine lipit de masă, astfel încît să evite intrarea aerului pe sub clopotul de sticlă. Și lumînarea aprinsă se stinge după cîteva minute. Experiența se putea reproduce ori de cîte ori. Ea dădea mereu același răspuns. Aerul se consumă în timpul arderii; fără aer, arderea nu este cu putință. În această rudimentară experiență găsim elementele unei adevărate anchete experimentale: ipoteza de verificat, dispozitivul material în care se creează condițiile fenomenului, repetarea încercării.

Pentru epoca în care a trăit Bacon, într-un secol în care scolastica gîtuia gîndirea și nega forța cercetării experimentale, opera acestui filozof reprezintă licărirea noului, prevestirea orientării științei spre țelurile ei firești; dar lanțurile teologiei nu se puteau rupe dintr-o dată. Chiar Roger Bacon, omul care a prevăzut viitoarea orientare a științei, susținea încă în scrierile lui că scopul suprem al cunoașterii este demonstrarea adevărurilor „supreme" ale teologiei. Vechiul stăruia în opera lui Roger Bacon. Secole de luptă cu scolastica vor duce, pînă la urmă, la triumful elementului nou pe care-l cuprindea această operă contradictorie. Pentru chimie, ca și pentru celelalte științe, acesta va însemna tendința de generalizare a metodei experimentale.

Tendința propriu-zis experimentală în alchimie a fost slabă, iar rezultatele ei — sărăcăcioase. În cele din urmă, alchimia europeană a degenerat în șarlatanie. La curtea multor principi și regi, întîlnim, pînă și în „luminatul" secol al XVIII-lea, asemenea figuri ca a alchimistului descris la începutul acestui capitol.

Iată ce spune despre alchimie dicționarul de chimie publicat de Andrew Ure în anul 1821[1]: „Este numele cu care adepții ei au decorat, în secolele de ignoranță, arta mistică, al cărui obiect, mărturisit de ei, era căutarea pietrei filozofale, a transmutării metalelor în aur și prepararea elixirului de viață lungă. Deși exercitarea acestei pretinse arte, bazată pe fraudă și nebunie, a avut în principal ca motiv lăcomia, totuși oamenii nesăbuiți sau creduli, care i s-au dedat, au servit chimia, grăbind prin lucrările lor progresul descoperirii în această știință. Din ea — îndeosebi — își trage originea farmacia metalică" (medicamentele anorganice — *N.A.*).

Materialul empiric strîns de alchimiști a contribuit într-adevăr, într-o anumită măsură, așa cum arată Ure, la progresul chimiei. Mult mai important a fost însă pentru arta transformării substanțelor, de-a lungul întregului ev mediu, curentul viu și neîntrerupt al practicii meșteșugărești. Mult mai semnificative și mai interesante pentru viitoarea evoluție a chimiei sînt rețetele și procedeele descoperite de meșterii tăbăcari, săpunari, oțetari și, mai ales, de metalurgi.

Din practica chimică meșteșugărească, din datele empirice ale alchimiei experimentale și în luptă împotriva prejudecăților și fantasmagoriilor alchimiei speculative, mistice și șarlatănești, se vor ivi, în secolele al XV-lea, al XVI-lea și al XVII-lea, pe un nou fond social-istoric, mlădițele disciplinei experimentale din care se va naște chimia modernă.

[1] Dicționar în 4 volume, redactat după planul dicționarului mai vechi al lui W. Nicholson. Citatul este dat după traducerea franceză din 1822 a acestui dicționar (traducător: Jean Riffault; editor: Leblanc, tipograf-librar).

V. Zorii științei experimentale

În a doua jumătate a secolului al XV-lea și în secolul al XVI-lea se schimbă cu totul tabloul lumii, dominat pînă atunci de crenelurile castelelor medievale. În sînul societății feudale apar și se dezvoltă relații de un tip cu totul nou — relații capitaliste, care cu o uriașă putere explozivă subminează și descompun rînduielile existente. Urmările acestor schimbări profunde se fac puternic simțite în toate domeniile de activitate, ele revoluționează știința, filozofia, artele. Este o epocă de transformări furtunoase, care și-a cucerit și a păstrat pînă azi dreptul de a fi înscrisă în istoria omenirii sub numele luminos de Renaștere.

Cuvîntul Renaștere ne evocă în primul rînd operele neîntrecute ale unor mari pictori, sculptori, arhitecți, oameni de știință și filozofi. Dar marile ei prefaceri au fost pregătite de truditorii modești ai atelierelor meșteșugărești, ai manufacturilor, minelor, șantierelor navale.

Pe la începutul secolului al XVI-lea, cele mai multe unelte meșteșugărești manuale suferiseră perfecționări radicale, care determinau schimbări adînci în sfera producției. La rîndul lor acestea puneau la îndemîna științei instrumente și mijloace de cercetare necunoscute pînă atunci.

Apariția mașinii de tors cu roată de picior, a războiului de țesut orizontal, a pivei acționate de apă, fac cu putință o dezvoltare fără precedent a industriei textile.

Progrese deosebit de mari se realizează în industria extractivă și metalurgică. Inginerul și savantul german Georg Bauer (Agricola), descriind utilajul destul de complicat folosit în unele mine în prima jumătate a secolului al XVI-lea, povestește despre mecanisme de măcinat minereul, puse în mișcare de roata hidraulică, despre vagonete pentru transportul minereului care se mișcă cu mare zgomot pe o șină de lemn, despre instalații pentru ventilare și pentru pomparea apei din adîncimi.

Un adevărat salt se realizează în tehnica metalurgică, unde apariția foalelor mari, puse în mișcare de roata hidraulică, permite să se treacă la mari furnale care produc fontă, fier și oțel în proporții necunoscute înainte. Ciocane puternice puse în mișcare de apă fac să sporească considerabil posibilitățile de prelucrare.

În navigație, după perfecționarea mijloacelor de orientare pe mare, apare caravela, tip nou de corabie pe care navigatorii se pot avînta cu mai multă îndrăzneală în largul oceanelor. În Țările de Jos se dezvoltă producția de

lentile pentru ochelari — și aceasta duce la inventarea lunetei și microscopului, instrumente ale opticii experimentale.
Arta militară este și ea revoluționată de larga răspîndire pe care o capătă în secolul al XVI-lea armele de foc. Zidurile castelelor feudale se dovedesc slabe în fața tunurilor turnate de meșteșugari pentru armatele regale și pentru trupele orașelor, iar cavalerii în zale devin figuri tragicomice ale trecutului, ca Don Quijotte de la Mancha.
Tehnica creează o dată cu aceasta mijloace noi de răspîndire a cunoștințelor și ideilor. Perfecționarea producției de hîrtie și inventarea tiparului dau naștere unei noi „artilerii", de o cu totul altă natură decît cea militară, dar nu mai puțin teribilă, prin efectele ei, pentru soarta feudalismului.
Marile descoperiri geografice ale epocii — descoperirea Americii, deschiderea căii maritime spre India și China pe la sudul Africii, realizarea înconjurului lumii pe mare — oferă o bază geografică uriașă pentru dezvoltarea economică și culturală și contribuie la o imensă lărgire a orizontului cunoștințelor asupra naturii.
Cu deschiderea căilor oceanice, începe declinul vechilor porturi mediteraneene ale Italiei și ascensiunea porturilor de pe coasta Atlanticului, care devin importante centre ale vieții economice. Comerțul european se transformă în comerț mondial și o dată cu aceasta ia naștere sistemul colonial. Pentru negustorii și industriașii Spaniei, Portugaliei, Angliei, Țărilor de Jos se deschideau nemaipomenite surse de îmbogățire pe socoteala popoarelor Americii, Africii, Asiei, Oceaniei, care sînt înrobite, jefuite, adeseori decimate. Aurul Americii și al celorlalte colonii invadează Europa făcînd să crească la preț mărfurile vîndute de capitaliști și să scadă la preț „piatra filozofală" a alchimiștilor (deși încă timp de secole vom mai găsi, chiar și în rîndurile monarhilor, naivi care să creadă în ea). Aurul-bani acționează ca o forță dizolvantă a relațiilor feudale.
Producția de mărfuri ia proporții nemaivăzute. Tehnica nouă dă muncii o productivitate mai înaltă, face cu putință și cere o mai adîncă și mai ramificată diviziune socială a muncii în cadrul unei mari producții capitaliste. Apar manufacturile — întîi mai mult sub forma muncii la domiciliu a numeroși meșteșugari ajunși în dependența unui negustor, apoi ca mari întreprinderi centralizate.
Manufacturile — în care lucrează laolaltă zeci de meșteri — devin centre ale perfecționării uneltelor. Munca era împărțită pe operații. Fiecare muncitor devenea foarte priceput în executarea operației lui; lucrînd mai mulți laolaltă, muncitorii își transmiteau unul altuia procedeele de lucru. Uneltele deveneau tot mai potrivite cu rostul lor. Au apărut sute de feluri de ciocane, fiecare potrivit pentru o anumită operație. Specializîndu-se, uneltele se perfecționau. În marile ateliere manufacturiere se fac încercări îndrăznețe de inventare a unor procedee noi, a unor materiale noi. Într-un asemenea atelier trebuie să-și fi făcut sculptorul Luca della Robbia nenumăratele încercări de a crea un material înlocuitor pentru marmura scumpă.
Producția se concentrează tot mai mult în mîinile noii clase a capitaliștilor, în timp ce tot mai mulți meșteșugari sînt ruinați ori prefăcuți în muncitori salariați. Manufacturile engleze produc tot mai mult postav pentru export. Marii lorzi, proprietari funciari, alungă pe țărani de pe moșii, prefăcîndu-i în cerșetori, iar moșiile în pășuni pentru creșterea oilor de lînă. Din mizeria și suferințele maselor muncitoare, din comerțul de sclavi, din jefuirea coloniilor

se nasc primele capitaluri care vor sta la temelia bogăției și strălucirii marilor puteri industriale ale secolului al XX-lea.
Europa acestei epoci este scena unor frămîntări teribile. Sprijinindu-se tot mai mult pe burghezia care devenise stăpînă a avuțiilor și mijloacelor de înavuțire, regii îngrădesc puterea feudalilor și formează mari monarhii centralizate — statele naționale de mai tîrziu.
Este o epocă de încleștare între forțele vechii orînduiri și ale celei noi care se naște din sînul ei.
Ciocnirile de concepții reflectă pe planul ideilor această încleștare. Își face loc umanismul, concepția noii clase sociale care pășește pe arena istoriei. Umanismul militează pentru eliberarea omului din lanțurile superstițiilor, pentru cunoaștere, împotriva ignoranței, pentru descătușarea forțelor omului, pentru progres. Dar aceasta nu împiedică să fie exterminați 100 000 de țărani în Germania, să fie vînduți sute de mii de sclavi pe piețele Europei. Burghezia disprețuiește masele și se teme de ele. Josnicia, asuprirea bestială și crima se împletesc în această epocă cu măreția și avîntul.
Burghezia se ridică împotriva dictaturii spirituale a papalității. În unele țări această luptă ia o înfățișare religioasă: Reforma. Luther în Germania, Calvin în Franța, apoi în cantoanele elvețiene, creează o nouă religie după nevoile și concepțiile burgheziei. Dar cînd țăranii ridică steagul revoltei împotriva rînduielilor feudale, burghezia, înspăimîntată, trece de partea prinților.
Teoreticienii reformelor nu cunosc cruțarea. Luther îi îndeamnă pe prinții germani să ucidă, să-i strîngă de gît pe țăranii răsculați — răsculați în numele unei libertăți pe care o credeau valabilă și pentru ei.
La rîndul său, catolicismul își făurea arme teribile pentru apărarea dogmelor, care justifică ierarhia pămîntească feudală și cea bisericească, papală.
Filip al II-lea al Spaniei se străduia să oprească în loc roata istoriei, încercînd să impună prin sînge și teroare catolicismul în întreaga Europă. Dar în 1588, „invincibila" sa armadă, trimisă să-i bată pe englezi, este spulberată. Spania trebuie să asiste cu resemnare la creșterea puterii maritime a Angliei protestante.
În Țările de Jos, burghezia cîștigă prin revoluție puterea, sfărîmînd jugul aceluiași Filip al Spaniei.
În Franța, Henric al IV-lea dă, în 1548, edictul toleranței religioase, dar în 1610 el avea să cadă răpus de un trimis al inchiziției. Istoria își desfășoară însă opera. În secolul următor, Franța avea să se acopere de glorie ca patrie a enciclopediștilor și a revoluției burgheze.
Tînăra burghezie în ascensiune era interesată în dezvoltarea științelor naturii. Manufacturile, navigația, comerțul, arta militară au nevoie de unelte noi, de corăbii puternice, de mijloace perfecționate de folosire a energiei apelor și focului, au nevoie de arme perfecționate și de mijloace de transformare a substanțelor. Știința unei asemenea epoci nu se putea mulțumi să continue pur și simplu pe Aristotel și antici. Era necesară o știință cu totul nouă, o știință experimentală, care în multe privințe trebuie să ia totul de la început. Ea trebuia în mod inevitabil să intre în război cu scolastica medievală, cu teologia, cu teoriile idealiste. „Pe vremea aceea — arată Engels —, și studiul naturii se afla în vîltoarea revoluției generale, fiind el însuși pe de-a-ntregul revoluționar, căci trebuia să-și cucerească dreptul la existență. Alături de marii italieni, de la care datează filozofia

modernă, acest studiu a dat și el martiri pentru rugurile și temnițele inchiziției"[1].
Cine îndrăznește să schimbe lucrurile din locul unde le-a pus Dumnezeu? Cine îndrăznește să rostească cuvîntul blestemat: „se mișcă", „pămîntul se mișcă"? „Actul revoluționar prin care studiul naturii și-a proclamat independența, repetînd, ca să zicem așa, arderea bulei papale de către Luther, a fost publicarea operei nemuritoare prin care Copernic a declarat război autorității bisericești în problemele naturii — cu timiditate, ce-i drept, și, am putea spune, abia pe patul de moarte. Din acel moment datează emanciparea științelor naturii de teologie... Dar tot din acel moment a pornit cu pași gigantici și dezvoltarea științelor, care a cîștigat în forță, dacă ne putem exprima astfel, proporțional cu pătratul distanței parcurse (în timp) de la punctul ei de plecare"[2].
Cartea lui Copernic[3] a fost pusă sub afurisenie. Ideile copernicience sînt eretice și periculoase. Inchiziția stă de veghe. Orînduielile trebuie să rămînă neclintite și pămîntul la fel. Dar în orașele Europei, pregătite să asculte glasul noului, filozoful Giordano Bruno îndrăznește să propovăduiască cuceririle marelui dușman al papalității: știința. Giordano Bruno (1548—1600) love ște în dogmă cu puterea adevărului științelor, a gîndirii materialiste. Pămîntul se mișcă, astrele se mișcă, universul este nesfîrșit, lumile sînt nenumărate, necreate și indestructibile. Materia, realitate unică, n-are nevoie de creator.
După ce l-a torturat timp de 8 ani pe filozoful erou, inchiziția aprinde rugul în Piața Florilor din Roma. În sutane negre, cu crucea în mînă, reprezentanții bisericii catolice înconjură flăcările rugului întinzînd mîini amenințătoare. Ei încearcă să ardă adevărul o dată cu trupul celui care-l proclama.
Protestanții nu se lasă nici ei mai prejos.
Calvin îl prinde pe medicul și fiziologul Miguel Servet, la Geneva, în 1553 și-l condamnă la moarte prin ardere pe rug pentru neortodoxism protestant. Vina lui era că ajunsese foarte aproape de o mare descoperire: a circulației sîngelui.
Dar nici rugurile, nici lanțurile ruginite de veacuri ale scolasticii nu mai puteau ține în loc progresul științei. Iau avînt mecanica, fizica, matematica, medicina și, o dată cu ele, geografia, botanica; se ivesc germenii geologiei. Un spirit nou călăuzește cercetările savanților. Acest spirit este personificat de asemenea nume ca Leonardo da Vinci, Francis Bacon, Galileo Galilei.

Un titan al Renașterii: Leonardo da Vinci (1452–1512)

Ca niște picături de argint-viu de două ori distilat, așa lucesc ideile viitorului în carnetul de note al lui Leonardo da Vinci.
„... Mi se pare că sînt deșarte și pline de greșeli științele care nu sînt generate de experiență, părintele oricărei certitudini, și care nu se termină într-o experiență evidentă..."[4]. Așa gîndea Leonardo.

[1] Fr. Engels, *Dialectica naturii*, p. 6.
[2] Ibidem.
[3] A fost publicată abia după moartea autorului. Copernic a trăit între 1473 și 1543.
[4] Leonardo da Vinci, *Tratatul despre pictură*, Moscova *MCMXXXIV*, p. 81.

„Experiența — spunea el — nu ne înșală niciodată; nu ne înșală decît dorințele noastre, cînd ne făgăduiesc, în numele ei, lucruri ce nu-i stau în putință. Oamenii sînt nedrepți cînd se plîng de experiență, acuzînd-o că-i mincinoasă; ea este nevinovată; vinovate sînt numai dorințele noastre nebunești și zadarnice".
Misiunea științei constă în „a începe cu experiența și în a găsi cu ajutorul ei cauza"[1]. Așa gîndea Leonardo. El se ridica împotriva scolasticii și teologiei. În același timp, el critica empirismul brut, care ignorează teoria. Știința dă siguranță și putere. Cei care se întemeiază pe practică, fără să-și lumineze încercările și activitatea cu luminile științei, sînt ca niște marinari fără busolă. Pentru a dălțui în piatră nepieritoarele sale sculpturi, el diseca zeci de cadavre, urmărind felul cum se împletesc vinele, nervii, mușchii și oasele. Pentru a zugrăvi cu penelul său grandioasele fresce, el încerca de sute de ori amestecurile de culori. Deseori, Leonardo zăbovea prin atelierele de vopsitorie din Florența și Milano; din practica meșteșugărească el învăța procedee noi pe care le aplica în arta lui. Pictor și sculptor, matematician, arhitect, astronom, chimist, filozof, Leonardo era unul dintre acei titani ai Renașterii, care exprimau o nouă măsură a geniului uman.
Arareori el vizita laboratoarele alchimiștilor și cu fiecare discuție pe care o avea cu aceștia își întărea convingerea în absurditatea încercărilor lor. În rîndurile dese și regulate din carnetul său de note apar săgeți usturătoare îndreptate împotriva alchimiei, astrologiei, necromanciei.
Una dintre cele mai luminoase idei cuprinse în notele lui Leonardo este aceea privitoare la combustie, la ardere. Împotriva tuturor alchimiștilor contemporani, Leonardo susține că flacăra nu se poate produce acolo unde nu poate trăi un animal cu respirație aeriană și că flacăra distruge aerul dimprejurul ei, se hrănește dintr-însul. Această idee reprezintă o intuiție genială a naturii arderii. Ea se bazează pe observația atentă, repetată, a arderii. Ideile lui Leonardo n-au fost publicate decît mult timp după moartea lui. Așadar, ele nu au putut avea înrîurire asupra contemporanilor.
Ideea cercetării experimentale, proclamată de Roger Bacon în secolul al XIII-lea, cucerea însă marile spirite ale Renașterii, ea se impunea cu forța necesității. De aceea — exprimată sau nu — ea va ghida în secolele următoare pe cercetătorii naturii.

Părintele științelor experimentale: Francis Bacon (1561–1626)

Francis Bacon nu a fost chimist. El a fost însă, așa cum l-a numit Marx, „adevăratul părinte al materialismului englez și al întregii științe experimentale moderne"[2].
Sfărîmînd idolii[3] pe care concepția idealist-religioasă despre lume și scolastica îi înălțaseră pentru a bara calea cercetării naturii, Francis Bacon

[1] Leonardo da Vinci, *Opere alese*, vol. 1, Moscova—Leningrad, 1935, p. 51.
[2] K. Marx și Fr. Engels, *Sfînta familie, sau Critica criticii critice*, în *Opere*, vol. 2, București, E.S.P.L.P., 1958, p. 143.
[3] „Idolii", în concepția lui Bacon, sînt falsele idei preconcepute, ridicate la rangul de adevăruri incontestabile.

desțelenește terenul pentru cultivarea adevăratei experiențe științifice: experiență sistematic organizată în vederea descoperirii legilor naturii. Viața și opera lui Bacon concentrează, ca în focarul unei lentile, contradicțiile, năzuințele și concepția despre lume a unei clase și a unei epoci: burghezia în ascensiune din Anglia veacului al XVI-lea.

Bunicul său a fost un țăran înstărit, care s-a îmbogățit speculînd — după reforma religioasă — pămînturile bisericii. Tatăl său, Nicholas Bacon, a studiat dreptul și a urcat toate treptele ierarhiei juridice, pătrunzînd în rîndul „noii nobilimi" engleze, care avea „obiceiuri și năzuințe mai curînd burgheze decît feudale"[1], ajungînd în timpul reginei Elisabeta lord-cancelar, păstrător al marelui sigiliu.

Francis Bacon a crescut la curtea reginei Elisabeta, destinat din copilărie să devină curtean și funcționar al monarhiei. La vîrsta de 12 ani și-a început studiile la Universitatea din Cambridge, după absolvirea căreia a stat trei ani la Paris pentru desăvîrșirea studiilor. În 1618 ajunge să fie numit lord-cancelar, ca și tatăl său. În 1621, datorită conflictului dintre Camera Comunelor și ducele de Buckingham, este atacat și protejatul acestuia, Francis Bacon; acuzat de corupție, el este demis din funcțiile deținute, condamnat la amendă și întemnițat. Acuzațiile care i-au fost aduse erau întemeiate, dar ele ar fi putut fi aduse oricărui politician din acea vreme și „în orice caz nu a comis ceva mai grav decît ceea ce făcea majoritatea celor care l-au condamnat"[2]. Dorința de înavuțire și mărire era o caracteristică a „noii nobilimi" și a burgheziei; și lipsa de scrupule, pe această linie, era o trăsătură generală. Sancțiunile împotriva lui Bacon au fost repede anulate, dar — de voie-de nevoie — el s-a consacrat, începînd din anul 1626 pînă la moarte, exclusiv operei sale.

Încă din adolescență, la vîrsta de 16 ani, „a simțit dezgustul" pentru ansamblul de dogme osificate, rezultate din transfigurarea scolastică a filozofiei lui Aristotel, pentru filozofia „străină de producția de bunuri utile vieții omului". Ca exponent al burgheziei în ascensiune, Bacon vedea progresul în dezvoltarea comerțului și industriei capitaliste și concepea filozofia ca un sistem de idei care să contribuie la dezvoltarea științei și tehnicii.

Francis Bacon își propune să arate calea de urmat „pentru a împinge mai departe limitele puterii și măreției umane". Această cale este — după Bacon — realizarea tuturor experiențelor posibile, observarea tuturor faptelor și interpretarea rezultatelor pe baza unei logici inductive, care să ducă la descoperirea legilor naturale.

Pentru Bacon, numai științele naturii reprezintă adevărata știință. Dimpotrivă, scolastica este sterilă ca o călugăriță care și-a consacrat viața lui Dumnezeu, iar întemeietorii pseudoștiințelor scolastice „transformă slăbiciunea propriilor lor descoperiri într-o calomniere a naturii"[3].

„Știința nouă" nu poate fi decît experimentală. Ea trebuie să descopere cauzele fenomenelor, pornind de la date empirice și nu de la „țelurile raționale ale providenței", experimentînd, „torturînd" natura cu instrumente rafi-

[1] Fr. Engels, *Dezvoltarea socialismului de la utopie la știință*, în K. Marx și Fr. Engels, *Opere alese în două volume*, vol. II, ediția a II-a, E.S.P.L.P., București, 1955, p. 109.

[2] A. I. Morton, *Cele două fețe ale lui Francis Bacon, cancelar al Angliei și filozof al naturii*, în „Orizonturi", nr. 121, iunie 1961, p. 57.

[3] Fr. Bacon, *Noul Organon*, Editura Academiei R.P.R., București, 1957, p. 63.

nate, nu scormonind în rațiune pentru a găsi argumente care să fundamenteze dogmele teologice.
Principalul instrument al științei noi este — după Bacon — aplicarea consecventă a metodei experimentale.
Materia primă a cunoașterii este percepția senzorială, pe care omul de știință o obține prin experimentare, iar prelucrarea acestei materii prime se face cu ajutorul rațiunii. Cercetătorii, oamenii de știință „nu trebuie să semene nici cu furnica, care doar adună și folosește ceea ce a adunat (empiristul vulgar — *N.A.*), nici cu păianjenul, care s-a îndepărtat de viață și țese din propriul său corp pînza ingenioasă a filozofiei sale", (scolasticul — *N.A.*) ...ci „cu albina care ia ca tribut de la flori materia primă și apoi o preface în miere"[1].
Filozoful îndeamnă pe gînditori să se intereseze de procesele mecanice și industriale, de invenții și metodele de producție. În locul progresului lent, realizat pe cale empirică, în atelierul meșteșugarului, trebuie să se obțină un ritm rapid al cunoașterii prin cercetarea științifică a fenomenelor naturale și a proceselor de producție.
Ideile exprimate în treacăt de Leonardo da Vinci, în carnetul său de note, se transformă în cărțile lui Bacon într-un adevărat sistem filozofic. Experiențele — nu întîmplătoare, ci organizate, sistematice — sînt proclamate ca sursele unice ale adevărului. Bacon este făuritorul metodei analitice experimentale, ale cărei elemente principale sînt inducția, analiza, compararea, observarea, experimentarea. Pornind de la succesele mecanicii experimentale, Bacon prevede experienței, în toate domeniile științei, un viitor glorios, pe care-l schițează în utopia sa științifică *Noua Atlantidă*, operă neterminată, descriere a unui „veac de aur", în care invențiile vor aduce fericirea omului.
Cînd Bacon scria *Noul Organon* (1620), chimia nu se născuse încă. Ideile alchimice erau încă atît de înrădăcinate, încît chiar materialistul Bacon crede că, pe măsura dezvoltării științei, se va putea găsi forma (în concepția lui Bacon, forma este baza esențială a însușirilor, a „naturii corpurilor") care dă aurului însușirile, putîndu-se astfel obține aur din argint.
Nu numai în acest tribut plătit alchimiei se exprimă limitele gîndirii lui Bacon. Între altele, exagerînd rolul experienței, subestimînd rolul deducției, el pierde din vedere legătura lor dialectică. Pe de altă parte, deși materialist, el manifestă vădite inconsecvențe de natură teologică. Bacon „a subapreciat serios complexitatea universului și, în același timp, eforturile necesare pentru pătrunderea misterelor sale"[2]. Au rămas încă, după expresia lui D'Alembert, lanțuri pe care „cel mai mare, cel mai universal, cel mai elocvent dintre filozofi" n-a izbutit să le sfărîme. Cu toate acestea, rolul lui Bacon a fost uriaș. „Ca și Columb, el a descoperit în știință o lume nouă, tocmai lumea în care oamenii se aflau din totdeauna, dar pe care o uitaseră... El a zguduit credința oarbă în dogmatism..."[3].
La Francis Bacon, „marele Verulam", se va referi Robert Boyle, ca la filozoful care i-a îndreptat pașii pe cărările cercetării experimentale.

[1] Fr. Bacon, *op. cit.*, p. 314.
[2] Al. Morton, *op. cit.*, în *loc. cit.*, p. 58.
[3] *Istoria filozofiei*, vol. I, Editura Științifică, București, 1958, p. 319.

VI. Premergători

În laboratoare tainice, alchimiștii mai căutau neputincioși aurul care să întărească stăpînirea feudalilor, într-o vreme cînd negustorii din Anvers și Amsterdam găsiseră o rețetă mai bună de obținere a aurului decît le-ar fi putut-o oferi un biet alchimist. Piperul pentru conservarea cărnii, zahărul, pînzeturile, tapiseriile, sclavii erau lucruri concrete, surse sigure de aur.

Ultimele pîlpîiri ale alchimiei mai dăinuie și după secolul lui Galilei. Ele se vor stinge tîrziu, așa cum se întîmplă cu ideile vechi care au prins rădăcini adînci. Vor mai apărea și în secolul al XVII-lea cărți, de pildă: *Străvechea lucrare alchimică a lui Rabbi Abraham Eliazar*, în care rețetele alchimice se împletesc cu tot felul de horoscoape și preziceri astrologice. Persistența vechilor idei, lipsa unei concepții clare despre substanțe și transformări chimice au cauze ușor de înțeles. Teoria chimică nu se putea constitui decît pe baza unui material experimental bogat și abia după ce se vor fi cristalizat legile mișcării simple, mecanice, fenomenul chimic reprezentînd o mișcare mult mai complexă. Nu existau încă condițiile nașterii unui Galilei al chimiei.

Dar înainte, mult înainte de a se fi risipit negurile alchimiei îmbîcsite de misticism, licăreau noile idei ale științei care se năștea pe temeiul practicii industriale și medicale. Cu mult înainte de a se fi încheiat „rătăcirea după mărul de aur", s-au ivit oameni ai experienței, căutători ai unor procedee noi de producție.

Adevărații cercetători se îndreptau cu fața spre practică. În concepțiile și lucrările lor, vechiul se întrețese cu noul, dînd un amestec contradictoriu, în care, de la caz la caz, domină sau scolastica alchimică, sau spiritul îndrăzneț al noii științe experimentale.

Ei au pregătit uneltele pe care le vor perfecționa maeștrii experienței chimice din secolul al XVII-lea și al XVIII-lea. Ei sînt premergătorii experienței chimice și ai metodei experimentale în chimie.

Emailul transparent. Della Robbia și Palissy

Pentru a fi obținut aventurina[1] lui, Briani trebuie să fi lucrat în cuptoare la temperaturi foarte mari, la care se topește cuarțul.
Asemenea cuptoare funcționau în atelierele orașelor italiene, devenite marî producătoare de sticlă și cristal.
Arta producerii vaselor emailate era cunoscută de popoarele vechi. Au practicat-o etruscii, care au creat în email neasemuite opere de artă, dintre care unele sînt păstrate și astăzi în muzee. Un vas etrusc se vindea, în timpul lui August, pe aur greu. Arabii cunoșteau și ei arta producerii vaselor emailate, dar păstrau cu sfințenie secretul. Cînd locuitorii Pisei — în 1185 — au cucerit de la arabi insula Majorca, au găsit acolo vase splendide. Ei au împodobit cu ele — prin încrustare — zidurile bisericilor din Pisa, ca semn al triumfului împotriva maurilor.
Abia cu două secole mai tîrziu s-a început producerea unor vase emailate în orașele italiene. Se numeau vase de Majolita, nume italienizat al insulei Majorca.
Sculptorul Luca della Robbia a trăit la Florența, între 1400 și 1482. El a încercat să înnobileze argila pentru obținerea unui material în care să poată da formă durabilă modelelor sale. A folosit căldura cuptoarelor și substanțe minerale. A încercat sute de rețete și în anul 1438 a izbutit să obțină un email care acoperea cu o crustă transparentă argila. Continuîndu-și încercările, a izbutit să coloreze — după voie — emailul. Așa a fost reinventat meșteșugul emailului și, deci, al faianței.
Curînd, Franța și Spania cumpărau vase de faianță de producție italiană. Devenită sursă de venituri pentru stăpînii unei manufacturi, invenția lui Luca della Robbia fu și ea ținută în secret.
Un autodidact francez, fiu de meșter sticlar, își va închina viața reinventării acestui procedeu care reprezenta baza unei industrii cu largi perspective. Bernard Palissy, născut în anul 1510, într-un sat din Franța, a crescut ca ucenic sticlar. A învățat să picteze pe sticlă, să deseneze, să scrie și să citească. N-a umblat pe la școlile înalte, ci și-a făcut educația în atelier. „N-am avut altă carte decît cerul și pămîntul, pe care tuturor le este dat să le cunoască și să le citească".
A rătăcit prin toată Franța, prin Flandra, prin ținuturile germane. Lucra cînd ca sticlar, cînd ca măsurător hotarnic.
Vasele italienești aveau mare căutare în Franța. Palissy știa să toarne și să sufle sticla, să picteze pe sticlă. Cu sticlăria îi mergea însă prost. Avea nevastă și copii cînd se hotărî să-și schimbe meseria și să încerce să fabrice vase de faianță.

[1] În 1280, în Veneția, Cristofor Briani a izbutit să realizeze, pe cale artificială, un material asemănător cu aventurina. Aventurina naturală este o modificare a cuarțului: cristale transparente ca sticla, de culoare galbenă-verzuie. Aventurina lui Briani era mult mai frumoasă decît cea naturală, datorită unor lamele strălucitoare, de culoarea aurului. Abia în 1872 va redescoperi Bizaglia, tot în Veneția, acest material ornamental de neasemuită frumusețe. Wöhler arăta, în însemnările lui despre aventurina lui Briani, că foițele cristaline, sclipitoare, din interiorul materialului sînt cristale de cupru metalic.

Bernard Palissy

<

Palissy trebui să învețe totul de la început; în primul rînd, meșteșugul olăritului. Apoi tot felul de lucruri despre săruri, nisip, culori minerale. Palissy punea o uriașă pasiune în încercările sale. A încercat în cuptoarele sticlarilor și olarilor; a construit cu mîinile lui cuptoare mai potrivite. Sfărîma oale și acoperea fiecare ciob cu alt amestec de nisip, săruri și culori minerale. Ani după ani au durat aceste încercări, care nu-i epuizau răbdarea și stăruința. Tot ce-i prisosea din cîștigurile pe care i le aduceau pictatul pe sticlă și, mai ales, măsurările de hotărnicie, se ducea pe încercările de emailare.

Într-una din încercările făcute asupra a 300 de cioburi, a apărut un singur ciob acoperit cu email alb, care i se păru lui deosebit de frumos. Acest prim succes îl încurajă. Construi — în timp de aproape un an — un cuptor bine izolat. Pregăti vase de gresie și începu încercările. Treceau săptămîni de-a rîndul. Vasele scoase arătau urît; emailul nu se topea nici după șapte zile de necontenită întreținere a focului.

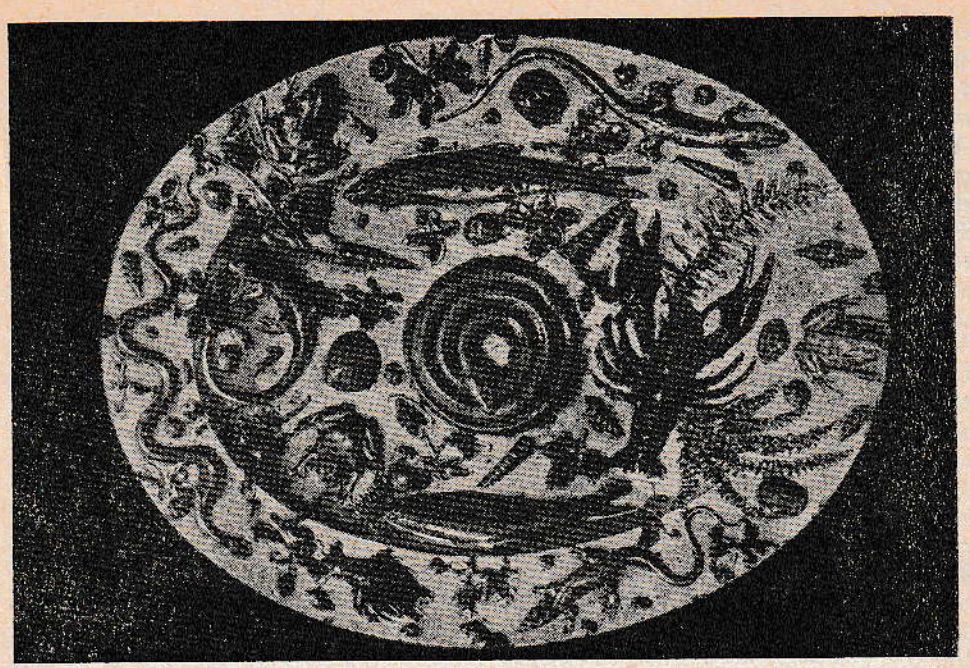
Șaisprezece ani au durat în total experiențele lui Palissy. La capătul lor devenise un perfect cunoscător al pietrelor, al condițiilor încălzirii în cuptoare.

O nouă experiență și încă una... Povestesc biografii săi că, lipsindu-i lemne, Palissy a aruncat în cuptor gardul curții, masa și scaunele din casă, apoi scîndurile dușumelelor. Încercînd mereu, cu pasiune și nestrămutată încredere în izbîndă, el a atins în cele din urmă țelul căruia i se devotase: a realizat emailul transparent.

Folosind modele din natură, Palissy reprezenta pe vasele sale animale și păsări, șopîrle, flori. El devenea naturalist, tot cercetînd plantele și animalele. Își spunea „muncitor în lut și inventator de figurine rustice", dar Buffon îl considera „un atît de mare naturalist, cum numai natura poate produce".

Autodidactul Palissy — care a fost băgat și în închisoare pentru ideile sale neconforme cu religia oficială — a scris, în ultimii ani ai vieții (a murit în 1589 sau 1590) despre agricultură, fortificații, științele naturii. Și-a făcut dușmani, deoarece lupta fățiș cu astrologii și alchimiștii.

Palissy, reinventator al faianței, este și un precursor al experienței chimice. El n-a făcut încercări de transformare a metalelor ordinare în aur, ci de transformare a pămîntului în material util, folosind pentru aceasta mijloacele cele mai potrivite. În activitatea practică a lui Palissy și în interpretările sale teoretice nu se amestecă nici un duh; el nu face nici o invocare a



Porțelan cu figurine (Palissy)

zeilor, a demonilor sau a sfinților, ci urmărește cu dîrzenie transformarea substanțelor pe baza cunoașterii tot mai amănunțite a proprietăților lor. Este atitudinea adevăratului chimist.

Inițiatorul iatrochimiei

În Europa secolului al XVI-lea și-a desfășurat prodigioasa activitate medicul Philippus Aureolus Theophrastus von Hohenheim (1490—1541) poreclit, pare-se, de alții Paracelsus. S-au scris multe lucruri despre viața și opera acestui om, care oglindește și ea contradicțiile epocii în care s-a născut. Fiu de medic, născut într-un canton elvețian, și-a început activitatea ca asistent al tatălui său. În minele din Tirol, el a cercetat rocile, mineralele, dispozitivele mecanice folosite la lucru în mină. Aici a întîlnit bolnavi de toate soiurile.

La 24 de ani a început să călătorească prin Europa, studiind arta medicală în Franța, Germania, Italia, Spania, Polonia, Ungaria. Alchimia îl atrăgea. El cunoștea foarte bine materialele cu care lucrau alchimiștii.

În gîndirea lui Paracelsus își face loc protestul împotriva concepțiilor consacrate.

„Mintea omenească nu poate cunoaște nimic din natura lucrurilor prin meditație...", proclamă el împotriva concepției dogmatice a scolasticilor. „În

ceea ce văd ochii, în ceea ce ating mîinile se găsește învățătorul". Aceste idei exprimă latura primitiv-materialistă a concepțiilor doctorului elvețian. Dar el nu poate scăpa cu totul de cătușele teologice ale gîndirii dominante a epocii.

Acest amestec de idei contradictorii și de pasiune pentru cercetare îl conduce pe Paracelsus la experiențe interesante, a căror semnificație n-o poate însă descifra.

El construiește pentru experiențele sale un instrument ingenios, pe care nimeni nu l-a folosit înaintea lui: un aparat de distilat prin antrenare cu vapori de apă. Un asemenea dispozitiv dă posibilitatea separării unor produși de distilare, care n-ar putea fi obținuți prin încălzire directă la flacără. Vaporii de apă produși într-un vas sînt conduși prin tuburi de sticlă în balonul în care se găsește lichidul supus distilării. Aburul în curent viu antrenează componenții cei mai volatili din lichid. După răcirea amestecului de vapori, distilat printr-un refrigerent, produsul distilării este prins într-un alt balon; aburul condensat și produsul distilat se separă în două straturi. Iată-l pe Paracelsus încercînd reacțiile dintre sucurile diferitelor plante și sărurile cunoscute pe vremea lui. Aceste încercări îl duc la o interesantă descoperire chimică.

În gogoșile de ristic, în rădăcina rodiei și în multe alte plante, se găsește o substanță care în combinație cu diverse săruri dă culori diferite. Substanța aceasta este acidul galic. Se prepară prin extragere cu acizi diluați. Paracelsus încearcă acțiunea soluției de extract galic asupra soluțiilor de săruri. El observă precipitatul albastru întunecat, pe care extractul galic îl dă cu soluțiile de sare de fier și indică o metodă pentru a determina, pe această cale, existența fierului în apa obișnuită.

Este un procedeu de analiză chimică. Asemenea reacții de culoare se vor descoperi mereu după Paracelsus și pe baza lor se va constitui o întreagă ramură a chimiei analitice: colorimetria.

În laboratoarele tuturor alchimiștilor se găseau pilituri de metale care se dizolvă mai ușor decît grăunțele sau barele. Paracelsus toarnă peste pilitură de fier oțet; îl intrigă formarea unor bule de gaz. El descrie atent această reacție, fără însă să știe că a preparat, astfel, hidrogenul. Dar asemănarea cu aerul a acestui produs de reacție îi este clară. El este primul cercetător care dă un nume generic pentru substanțele asemănătoare cu aerul. Le numește *chaos*.

Printre toate descoperirile lui Paracelsus, cea mai interesantă este obținerea unui lichid dulceag („chiar și păsările îl gustă — spune el — și adorm pentru destulă vreme, trezindu-se apoi la fel de sănătoase cum au adormit"). Substanța aceasta o numește extract de vitriol, deoarece a obținut-o din vitriol (acid sulfuric) și spirt (alcool etilic). Corpul obținut de Paracelsus este eterul etilic. Constatînd fluiditatea lui deosebită, mirosul și gustul lui plăcut și condus de prejudecățile alchimice, el crede că a dat peste unul din cele trei „elemente filozofice", și anume „sulful filozofic". În același timp, Paracelsus se manifestă ca dărîmător al „autorităților" sanctificate și împietrite.

O idee nouă își face loc în concepția generală a acestui medic elvețian, care cercetează cu înfrigurare oameni și lucruri. Marele medic al antichității, Galen, ale cărui precepte fuseseră transformate de scolastică în dogme pentru

medicii evului mediu, nu are dreptate. Nu deranjarea amestecului de „umori" în organism este cauza bolii.

Maladia trebuie să fie privită ca un proces chimic care se abate de la obișnuitele procese chimice ce au loc în organismul animal. Numai un om care a făcut nenumărate încercări pentru urmărirea efectului unei substanțe asupra alteia, care a observat căldura ce se degajă din reacții și a examinat atent oameni sănătoși și bolnavi, observînd schimbările de temperatură, culoare, capacitate de digestie, pe care le provoacă boala, putea ajunge la o asemenea intuiție a chimismului ce stă la baza fenomenelor fiziologice. Concepția generală îl împiedică însă să vadă mai departe și-l conduce la concluzii aberante. Paracelsus credea că tot ce este material este alcătuit din trei elemente: sarea sau corpul, mercurul sau sufletul, sulful sau spiritul. La fel și corpul omenesc. Dacă sulful — principiu al inflamabilității — depășește, în corpul omenesc, limitele firești, apar febra și ciuma care ard organismul; prea mult mercur duce la melancolie sau chiar la paralizie; insuficiența mercurului cauzează greață, iar lipsa mercurului este cauza delirului furios.

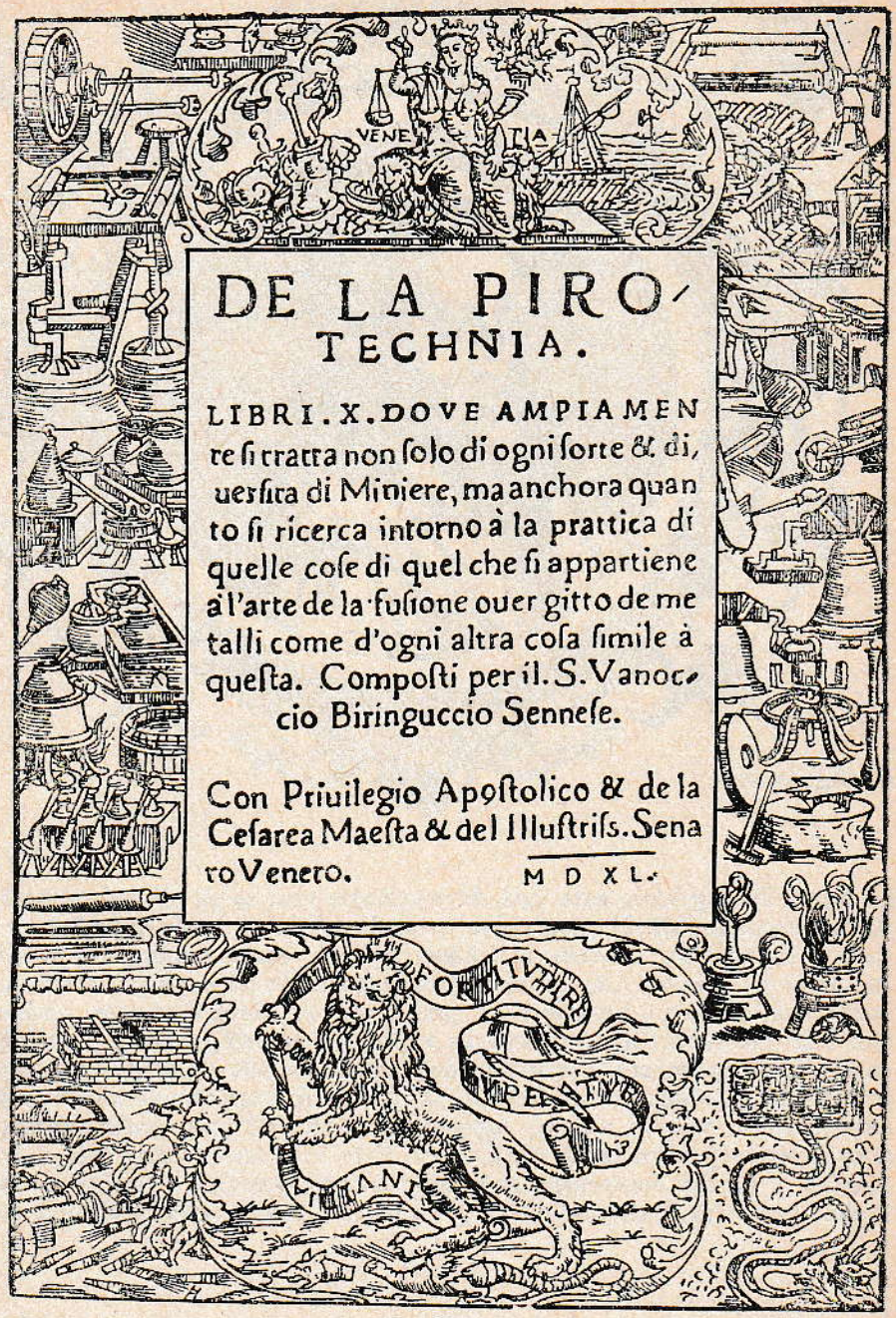
Așadar, trebuie să intervenim cu substanțe chimice active care să îndrepte reacțiile din organism pe făgașul lor normal, să împlinească ce lipsește, să reducă ce-i prea mult. Și Paracelsus aplică teoria sa, preparînd tot felul de substanțe pe care le încearcă la diferite boli. Exista o tradiție în această direcție. El o ridică însă la rangul de principiu conducător: tratarea bolilor prin substanțe chimice. Mercurul era folosit mai de mult la tratarea sifilisului. În cronica lui Matarizza din Perugia (1494) se vorbește despre folosirea sistematică a acestui tratament. Paracelsus analizează atent efectele tratamentului extern al plăgilor sifilitice cu mercur. Prepară zeci de alte substanțe pe care le experimentează pe viu. Folosește pentru prima oară preparate de plumb, medicamente cu antimoniu, „lapte" de sulf, vitriol de aramă (sulfat de cupru) și preparate cu fier. El obține pentru prima oară tartrat neutru de potasiu, botezîndu-l cu numele de *samech paracelsi*. Încălzind arsenic alb cu spirt de salpetru (acid azotic), prepară de fapt acid arsenic, pe care-l folosește, sub numele de *arsenicum fixum*, ca medicament. Experimentează efectul terapeutic al tuturor substanțelor preparate de el sau de alții — printre altele, al sulfatului acid de potasiu, pe care-l preparase încă din secolul al XIV-lea Isaak Hollandus. Paracelsus numește acest purgativ *specificum purgans paracelsi*.

Era firesc să se producă și multe accidente ca urmare a acestei excesive utilizări a substanțelor anorganice drept medicament, pe baza teoretică atît de șubredă a celor trei elemente. Toxicitatea mercurului, a arsenului, a antimoniului nu putea rămîne fără urmări. Dușmanii lui Paracelsus, medici consacrați, au găsit deci destule argumente pentru a-i aduce nedreapta acuzație de șarlatanie. El trebui să părăsească orașul Basel, unde se instalase ca medic profesor, numai după un an de ședere.
Din îndrăznețele experiențe ale lui Paracelsus s-a născut însă o nouă orientare a alchimiei. Ea căpăta un scop practic, direct, legat de viața de fiecare zi. Scopul alchimiei, arăta el, nu constă în prepararea aurului și argintului, ci în prepararea medicamentelor. Nu era vorba deci despre un elixir, o rețetă fantastică aducătoare de veșnică tinerețe, ci de medicamente pentru alinarea unor suferințe fizice. Era un scop limitat, dar real și clar. Mijloacele de a-l atinge nu erau căutate în arsenalul miraculosului, ci în cercetarea sistematică a proprietăților substanțelor, în examinarea efectului lor asupra organismelor.
Așa s-a născut iatrochimia, pe care François Dubois o va transforma într-o adevărată școală medicală.

Contemporani și urmași ai lui Paracelsus

Lucrările lui Vanoccio Biringuccio, Georg Bauer (Agricola), Andreas Libavius, Van Helmont, Sylvius, Glauber, — ca și cele ale lui Valerius Cordus[1] — se deosebesc net de scrierile alchimice. Legătura lor directă cu mineritul și metalurgia le dă vigoarea practicii. Stilul lor sobru, lipsit de metafore, le împrumută caracterul de tratate științifice.
Turnător, meșter de arme de foc, tehnician al mineritului, Biringuccio descrie clar operațiile de turnare a fontei, pregătirea formelor de lut pentru turnare, fabricarea ghiulelelor și turnarea clopotelor de aramă, operațiile de turnare a aliajului de cupru și cositor, al cărui nume „bronzo" este pomenit de el pentru întîia oară.
În locul fantasticelor descrieri ale obținerii argintului din cupru sau plumb, găsim în *Pirotechnia* expunerea sistematică a celor patru operații de dezargintare a cuprului negru argentifer.
Biringuccio se ocupă de procedeele tehnice ale incărbunării lemnului, de călire a oțelului.
Georg Bauer (Agricola) (1490—1555) trebuie să fi cunoscut cartea contemporanului său, deoarece descrierea procedeului de călire a oțelului în *De re metalica* (Despre prelucrarea metalelor) seamănă foarte bine cu descrierea aceluiași procedeu în *Pirotechnia*, apărută înainte.

[1] Valerius Cordus (1515—1546) descrie pentru întîia oară, în limbaj simplu, prepararea eterului — pe care-l numește *Oleum dulce vitrioli* — din spirt și vitriol. Explică formarea zăcămintelor de cărbune, prin putrezirea, în lipsa aerului, a plantelor. Este autorul unei cărți despre medicamente minerale și vegetale, în care se descriu medicamentele, materia primă și metodele lor de preparare. Această lucrare (*Pharmacorium conficiendorum ratio* — Îndreptar de preparare a medicamentelor) este considerată prima farmacopee europeană.



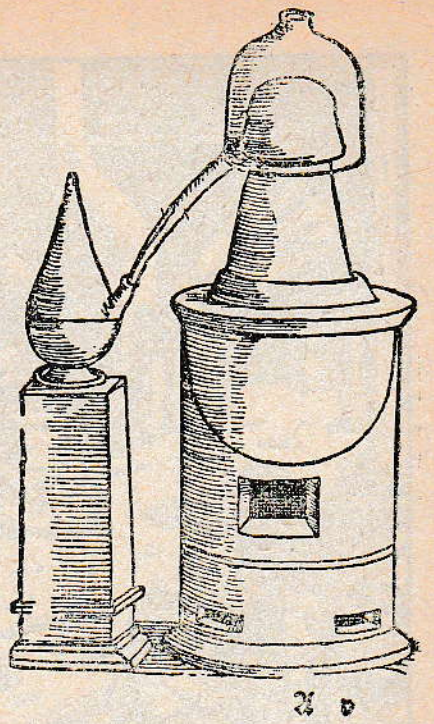
Pagina de gardă a primei ediții a cărții lui Biringuccio *Pirotechnia*, Veneția, 1540

G. Agricola

Lucrarea lui Agricola este însă de respirație mai largă și mai strîns legată de practica chimică. Pe lîngă procedeele de calcinare a minereurilor, pe lîngă descrierea surselor de energie (căderi de apă, energia animală) folosite în lucrările de minerit, Agricola descrie modul de preparare a „vitriolurilor" (sulfaților de fier); metodele de prelucrare a salpetrului, de obținere a florii de pucioasă (prin sublimarea vaporilor de sulf pe pereții reci ai unei camere), de preparare a oxidului de bismut (folosit pe atunci ca pigment) prin încălzirea bismutului. Este greu de stabilit care anume sînt rezultatele experiențelor proprii ale lui Agricola și care sînt procedeele cunoscute și doar descrise pentru întîia dată de el. Este însă cert că Agricola a experimentat și că din încercările sale asupra combinațiilor metalice a rezultat ideea identificării substanțelor după culoarea flăcării, principiul pirognostiei.

*
* *

În a doua jumătate a secolului al XVI-lea, încercările de a prepara substanțe și de a descoperi procedee noi se înmulțesc. Găsim descrieri amănunțite ale procedeelor de obținere a sticlei, emailurilor, otrăvurilor și culorilor în



Aparat de distilare din secolul al XVI-lea

cartea *Magia naturalis* (1589) a lui Gianbattista della Porta, care descoperă procedeul obținerii unor temperaturi joase, amestecînd gheață cu salpetru. Primul manual de chimie propriu-zisă poate fi însă considerat: *Alchemia e dispersis passim optimorum actorum collecta* (Alchimie adunată de la cei mai buni autori) al italianului Andreas Libavius (mort în 1616). După cum se vede din titlul acestei lucrări, numele de alchimie nu era pe atunci desconsiderat nici de adevărații cercetători.

Libavius descrie cele mai multe substanțe cunoscute pe vremea lui și totodată își expune propriile lui descoperiri. Distilînd sublimat corosiv cu staniu, Libavius prepară un corp nou pe care-l numește *spiritus fumans Libavii* (clorură de staniu). Lucrînd cu urină fermentată și vitriol, obține o altă substanță necunoscută pînă la el, pe care — după materia primă de la care a pornit — o numește *spiritus urinae* (este, de fapt, sulfatul de amoniu).

Tot încercînd efectul unor soluții asupra altora, Libavius consemnează unele rezultate, care i se par deosebit de interesante pentru că îngăduie recunoașterea imediată a unor substanțe dizolvate. Iată, ori de cîte ori vin în contact soluții care conțin combinații de argint cu acidul clorhidric, se produce un precipitat alb, brînzos, care la lumina soarelui se înnegrește. Nu este acesta un mijloc de a identifica argintul, oricît de mică ar fi cantitatea de argint în soluție? La fel, cînd se întîlnesc amoniacul cu arama, apare o splendidă culoare albastră.

În aceste experiențe se găsesc embrionii analizei în soluție, așa cum, în experiențele cu flacăra ale lui Agricola, se află începuturile pirognostiei și ale analizelor pe cale uscată.

* * *

Cu Johann Baptist van Helmont (1577—1644)[1] și cu chimistul german Johann Rudolf Glauber (1604—1668), ne apropiem de adevărata experiență chimică. Van Helmont dezvoltă cercetările lui Paracelsus în domeniul chimiei medicamentelor. În cartea lui *Pharmacopolium ac dispensatorium modernum*[2], el expune metodele de preparare a medicamentelor chimice, atrăgînd atenția asupra efectului vătămător al unor substanțe utilizate ca leacuri.

Reluînd metodele cunoscute de preparare, Helmont consemnează atent fenomenele care au loc în cursul încălzirii, al dizolvării, al precipitării, al amestecării acizilor cu leșiile.

[1] Născut la Bruxelles.
[2] *Îndreptar pentru prepararea și administrarea medicamentelor.*

Cuptor înalt cu foale, după G. Agricola

<

Prepară azotat de argint dintr-o anumită cantitate de argint, atent cîntărită, prin dizolvare în acid azotic. Din soluția preparată reprecipită argintul și-l cîntărește din nou. Demonstrează astfel cu balanța că se obține tot atît argint cît s-a luat la început. Nici cantitatea de cuarț folosită pentru prepararea sticlei nu se modifică prin dizolvare. Van Helmont consemnează aceste fapte experimentale fără să tragă concluzii generale.

Se cunoștea de mult prepararea combinațiilor sulfului cu plumbul, prin încălzire. Preparînd în laboratorul său combinația plumbului cu sulful, el constată apariția flăcării la simplă încălzire, fără atingerea amestecului cu un corp care arde. Așadar, flacăra apare în cursul combinației, ca un rezultat al ei, și nu prin contagiune sau împrumut dinafară. Observația lui Helmont va ține treaz interesul generațiilor viitoare de chimiști asupra flăcării.

Paracelsus preparase din pilitură de fier un gaz, pe care-l confundase cu aerul. Van Helmont reia experiența. Prepară acest gaz și-i cercetează proprietățile. Constată că, spre deosebire de aer și de gazul născut prin arderea cărbunelui (bioxid de carbon), gazul produs din metale și acizi (hidrogenul) arde. Așadar, gazele se deosebesc între ele. Numele lor comun de chaos, dat de Paracelsus, nu se potrivește. Helmont inventează numele de gaz și prepară gaz prin arderea sulfului (bioxid de sulf), prin arderea cărbunelui (gaz silvestru = bioxid de carbon). Pentru a le diferenția și a le descrie, el cercetează proprietățile lor și, printre ele, acțiunea pe care o are asupra lor flacăra. Cu acest prilej, el descoperă că gazul de pucioasă nu numai că nu arde, dar înăbușă flacăra. Și pe această bază, Helmont indică folosirea pucioasei ca stingător de flăcări.

Studiul experimental al gazelor îl conduce spre cercetarea exploziilor. Produce explozii în laborator în vase închise, folosind diferite rețete de praf de pușcă. Făcînd legătura cu experiențele sale de producere a gazelor, Helmont ajunge la o justă interpretare a fenomenului exploziilor. Ea se datorește enormei cantități de gaz ce se naște din pulberile explozive. Helmont combină între ele acizi și baze, în cele mai diferite proporții, și pune în evidență faptul experimental că prin combinarea unui acid cu o bază dispar și însușirile proprii acidului și cele proprii bazei.

Autoritatea anticului Galen nu-l împiedică să examineze fenomenul fermentației în stomacul organismelor, să gîndească asupra rolului sucurilor din organisme (și printre ele al fierii). Își exprimă dezacordul față de ideea lui Galen că fermentațiile din stomac s-ar datora numai căldurii și că fierea ar fi un simplu produs de excreție. El susține că sucurile din organisme sînt factori activi ai fermentației, care s-ar datora unor „fermenți" conținuți în aceste sucuri. Denumirea dată de el a rămas și pînă azi.

Urina, din care cu 30 de ani mai tîrziu alchimistul Brandt și chimistul Boyle vor extrage fosforul, este și ea obiect de studiu pentru Van Helmont, care descoperă în urină sarea de bucătărie și alte resturi solide, pe care le consideră — și pe drept cuvînt — ca substanțe din care sînt alcătuite pietrele ce se formează în rinichii bolnavi.

Cea mai interesantă lucrare a lui Helmont este celebra sa experiență asupra plantei. Considerînd apa drept element unic al lumii, Helmont încearcă să demonstreze această idee printr-o experiență „definitivă", care a durat 5 ani. El plantează o salcie într-un vas conținînd o cantitate — exact cîntărită — de pămînt uscat. Udă planta timp de 5 ani, fără să adauge pămîntului în care crește nici o altă substanță, afară de apă. După cei 5 ani, cîntărește salcia și pămîntul din vasul în care a însămînțat-o. Rezultatul: planta a crescut în greutate cu 164 funzi (aprox. 75 kg), pe cînd pămîntul n-a pierdut în greutate decît 2 uncii (aprox. 70 g).

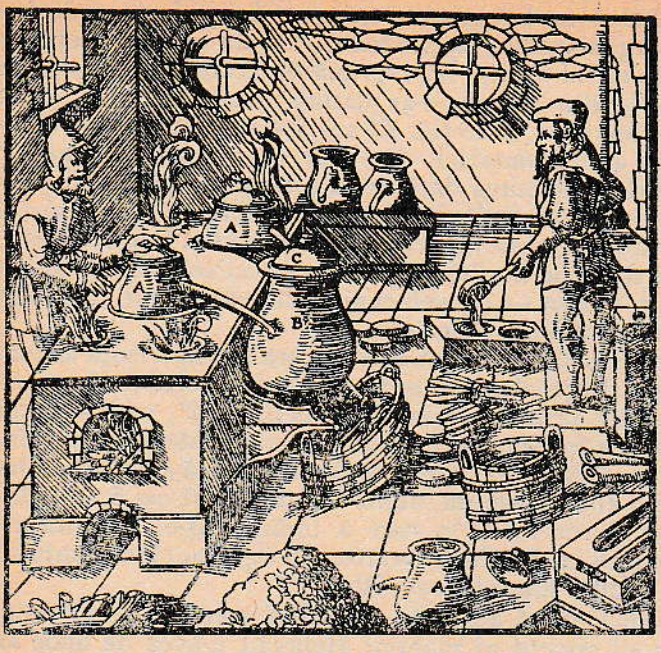
Nu este oare aceasta o dovadă că apa este elementul esențial, chiar unic, din care s-a format corpul crescut al plantei? Helmont n-avea de unde să știe că frunza ia bioxidul de carbon din atmosferă, pe care-l preface, sub acțiunea clorofilei și a soarelui, în substanțe organice. N-avea cum să înțeleagă greșeala fundamentală a concluziei sale.

Fără nici o legătură cu propriile sale experiențe chimice, Helmont făcea cele mai extravagante speculații idealiste în materie de fiziologie. El susținea că plantele și animalele n-au suflet, dar au o putere vitală prevestitoare a unui suflet, pe cînd la om sufletul este cel care determină toate funcțiunile organismului. Sufletul lucrează prin servitorii săi, „arheii", care la rîndul lor acționează prin fermenți asemănători celor care determină fermentarea mustului. Sufletul — gîndea idealistul Helmont — este prezent în stomac, așa cum lumina este prezentă într-o candelă care arde.

Deși foarte bun experimentator, Helmont nu reușea să explice fenomenele complicate ale vieții. Pe vremea lui se știa atît de puțin despre mecanismul proceselor ce se petrec în organisme, încît nu-i de mirare că el umple organismul cu tot felul de „arhei" și fermenți spirituali, cu suflete inferioare și superioare. Cu toate concluziile sale greșite, cu tot idealismul lui filozofic, cu toate că mai rămînea pe pozițiile alchimiei în problema „transmutației", Helmont este un adevărat premergător al experienței științifice, pentru că o folosește ca probă a valabilității unei idei, pentru că organizează cu grijă condițiile în care va evolua fenomenul urmărit, pentru că folosește măsura ca mijloc de demonstrare a adevărului.

Mai mult medic decît chimist, François Dubois, de le Boë (1614—1672) cu numele latinizat Franciscus Sylvius, folosește și el substanțele chimice în tratamentul celor mai diferite maladii. Interesantă este însă concepția lui Sylvius asupra fermentației.

Sylvius nu împărtășește concepțiile predecesorului său cu privire la „arhei" și alte născociri fantastice-idealiste. El nu admite existența nici unui duh.



Prepararea sulfului prin sublimare, după G. Agricola

Fenomenele ce se petrec în organism — susține Sylvius — nu se deosebesc cu nimic de cele chimice obișnuite. Fermentația, fie că se petrece în organismul omenesc sau în mustul vinului, este un fenomen de aceeași natură cu fierberea ce se produce cînd turnăm vitriol peste cretă. În tubul digestiv — spune Sylvius — se petrece un simplu proces chimic, ca și fermentația care dă naștere alcoolului sau oțetului. Fermentația în organism se datorește salivei, sucurilor fierii și ale pancreasului.

Trăgînd această concluzie pregnant materialistă, François Dubois duce la concluziile ei firești activitatea de experimentator a lui Helmont. El realizează mari progrese în studiul organelor digestive și împreună cu elevii săi creează iatrochimia, ai cărei embrioni se găseau în opera lui Paracelsus. Cei care, ca și Sylvius, reduceau toate fenomenele vieții la simple fenomene chimice, greșeau fără îndoială. Greșeau încercînd să reducă fenomene mult mai complicate la fenomene prea simple. Cu toate acestea, concepția chimică asupra fenomenelor vieții a fost de un deosebit folos pentru cercetările experimentale care au urmat. Cercetătorii nu mai aveau de-a face cu spirite, cu „arhei" și cu fermenți nemateriali, despre care poți spune orice fără să poți dovedi nimic; ei aveau de descoperit substanțe încă necunoscute dar materiale, aveau de urmărit modul în care aceste substanțe reacționează între ele. Pe această cale s-a putut ajunge pînă la acele descoperiri ale chimiștilor veacului nostru, care au transformat chimia vieții într-o știință.

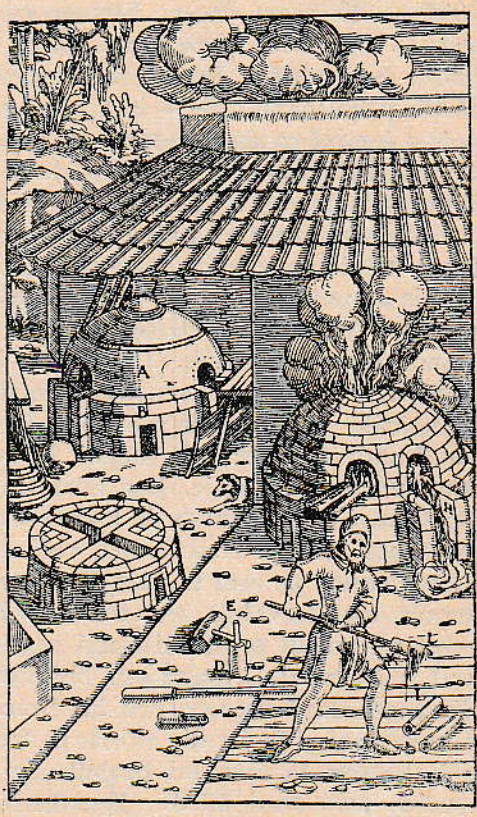
Johann Rudolf Glauber (1604—1668), autorul cărții *Miraculum mundi* (Miracolul lumii), folosește acidul sulfuric pentru prepararea acizilor minerali din sărurile lor și obține astfel săruri mai curate și acizi mai concentrați. Lui i se datorește descoperirea sulfatului de sodiu, ale cărui minunate însușiri medicamentoase l-au făcut pe Glauber să-l numească *sal mirabile* — sarea minune. El descoperă o serie de combinații ale clorului cu fierul, cu antimoniul, cu arsenul, cu zincul. Chimia preparativă își găsește în Glauber un adevărat precursor.

Industria sticlei, a silitrei, a coloranților minerali îi datoresc acestui practician multe rețete, dintre care unele se folosesc și astăzi. Cu Glauber, legătura dintre laboratorul chimistului și industria chimică devine directă.

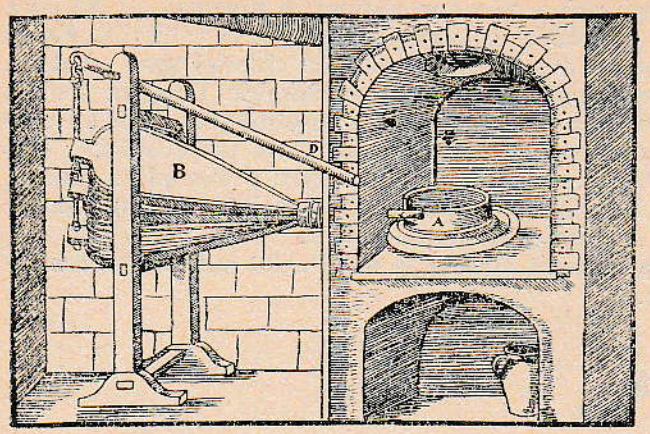
Dezvoltarea producției industriale și a agriculturii în veacurile al XVI-lea și al XVII-lea, creșterea populației orășenești, nașterea mecanicii și fizicii experimentale și teoretice au determinat orientarea chimiei spre practică. Se impunea cercetarea organizată a fenomenelor chimice. Practica socială și ideile izvorîte din această practică reclamau o disciplină științifică a transformărilor substanțelor, din care să fie alungate toate prejudecățile, toți „arheii" de care mai erau pline paginile lui Helmont, o disciplină care să capete rigoarea mecanicii galileene; existau și ustensilele și cunoștințele strînse de premergători. Alchimiei îi sunase ceasul.
Dar în istoria științei, un moment nou nu ia locul celui anterior ca schimbările de decor la teatru.

Pîlpîirea din retortă

După Războiul de treizeci de ani, încheiat prin tratatele din Vestfalia (1648), Liga orașelor hanseatice nu mai număra — în anul 1669 — decît orașele Luebeck, Brema și vestitul port la Elba, Hamburg.
Tezaurul ligii era secătuit după Războiul de treizeci de ani. Din vechea ei independență nu mai rămăsese mare lucru. Negustorii, conducători ai ligii, visau mereu să-și redobîndească vechea putere. Nu-i de mirare că în portul Hamburg dăinuia visul prefacerii metalelor ordinare în aur.
Ideea folosirii urinei și chiar a fecalelor pentru descoperirea „pietrei filozofale", nu este proprie numai alchimistului Hennig Brandt. Sute de alchimiști fierbeau și distilau excrementele animalelor în speranța „marii descoperiri". O frază din Biblie: „Este un lucru bun în murdărie" i-a pus pe acești experimentatori, care-și întemeiau cercetările pe cele mai năstrușnice și bizare asociații de idei, să folosească drept „materie primă" pentru „piatra filozofală": urina și fecalele.
Se relatează cazul unui stareț de mănăstire, pasionat alchimist. Un călugăr este condamnat la moarte pentru asasinat. Superiorul îi oferă viața cu condiția de a se supune oricărei experiențe. Condamnatul primește. Este închis într-o cameră și obligat să-și bea toată urina, zile



Atelier pentru producerea argintului, după G. Agricola



Cuptor de probe cu suflător pentru minerit, după G. Agricola

de-a rîndul. În ziua a 5-a urina devine atît de toxică, încît călugărul moare în chinuri groaznice. Superiorul făcuse această „experiență" pentru că era convins că ultima urină îi va da „piatra filozofală".

Așadar, urina era un material obișnuit în laboratoarele și încercările alchimiștilor.

Este deci probabil că, pornind de la asemenea idei, să fi ajuns și alchimistul din Hamburg să fiarbă urina în retorte de argilă. El face această operație de multe ori, cu grijă, încercînd, probabil, să nu-i descompună ipotetica „substanță" cu puteri transformatoare.

Conduce fierberea încet. Strînge cu grijă reziduul solid, apoi îl încălzește — întîi încet, și pe urmă din ce în ce mai puternic.

Obosit de încercări, Brandt se pregătește să plece la culcare. El stinge lumînările pîlpîitoare — dar — iată! Pe gura retortei apare o lucire ciudată. El vede o lumină ca aceea despre care povesteau descoperitorii de comori. Puternic mai bate inima alchimistului. Se apropie de retortă și atinge gura ei. Simte sub degete o substanță ca o ceară. Întunericul a dezvăluit această însușire, nemaiîntîlnită pînă atunci, a acestei substanțe: puterea de a lumina. Toate îndoielile și toate speranțele alchimistului se legau de pîlpîirea aceea stranie a unui corp chimic pe care nici un ochi nu-l văzuse pînă atunci, nici un deget de om nu-l pipăise.

Brandt reia încercările. Distilează din nou urina. Repetă exact mersul operațiilor și obține mereu această materie curioasă, producătoare de lumină. Încercările ulterioare de a o folosi la transformări ale metalelor dau greș; dar Brandt nu va mai da înapoi. El poate prezenta principilor și savanților lumii un fenomen unic. Din cînd în cînd substanța descoperită (care va căpăta mai tîrziu numele de fosfor) se aprindea, se producea cîte o explozie; dar toate acestea erau firești, cînd era vorba despre o materie „cu puteri miraculoase", pe care trebuia să înveți s-o domini.

Brandt n-a dezvăluit secretul său pînă la moarte. Se interesau de acest secret nu numai prinții și marii negustori, dar și gînditori ca matematicianul și filozoful Leibnitz sau chimistul Robert Boyle.

Cîțiva ani după descoperirea lui Brandt, un elev de al lui Boyle izbutește să prepare și el fosfor din urină, pe baza unor informații vagi despre cele ce se întîmplau în casa lui Brandt. Se putea, astfel, citi într-o gazetă din Londra, prin anul 1673: „Hanchwith, chimist din Londra ...aduce la

cunoștința tuturor celor interesați că este singurul din Londra care poate prepara fosfor de diferite feluri la prețul de 3 lire sterline uncia".

În anul 1715, Johann Thomas Hensing din Gissen descoperă fosforul în creier și abia în 1743 Andreas Sigismund Marggraff descrie o metodă tehnică de preparare a fosforului din urină.

În 1766, Johann Gottlieb Gahn va arăta că oasele conțin foarte multă sare de potasiu a acidului fosforic, deschizînd o nouă cale de preparare a fosforului, pe care o va indica chimistul Karl Wilhelm Scheele, contemporan cu marele Lavoisier.

Încăput pe mîna adevăraților chimiști, experimentatori conduși de o concepție clară, fosforul își va dezvălui însușirile, devenind un element cu largi aplicații în industria și cercetarea chimică.

VII. Porțelanul european

Johann Friedrich Böttger s-a născut în anul 1682. Tatăl său, alchimist, avea să-l dea ca ucenic unui spițer din Berlin, pe nume Zörn, la vîrsta de 12 ani. La 16 sau 17 ani, prin anii 1701—1702, tînărul ucenic „demonstrează" în fața patronului său și a unor rubedenii ale acestuia, oameni tineri, puțin dispuși să creadă în minunile alchimiste, că poate preface cuprul ordinar în aur curat.

Tînărul elev al lui Zörn cunoștea foarte multe lucruri despre minerale și metale, despre substanțe și medicamente. Era uimitor prin erudiția și extraordinara sa dibăcie în mînuirea ustensilelor de laborator.

Rudele lui Zörn care asistau la experiențele de transmutație sînt doi studenți berlinezi. Ce argumente — în afara scepticismului lor — pot ei opune acestui tînăr maestru al experimentării? Böttger citează cu ușurință, din memorie, pasaje din lucrările lui Johann Joachim Becher, autorul cărții *Fizica subterană*, și din lucrarea lui Ernst Stahl, *Zymmotechnia fundamentalis* (Fundamentele fermentației) apărută în anul 1697.

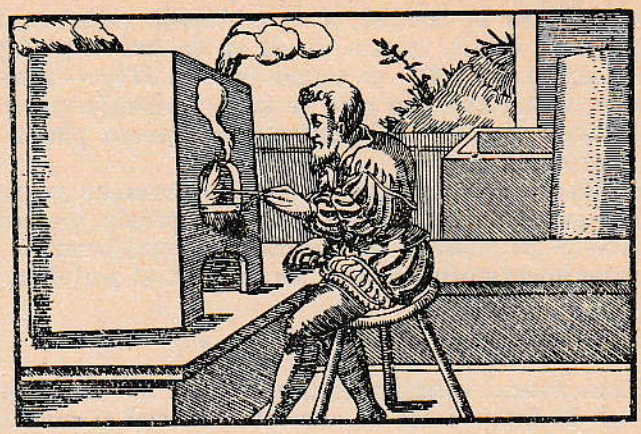
El folosește pentru prelucrarea sticlei instalația descrisă de Johann Kunckel von Löwenstern[1] în *Ars vitraria experimentalis* în anul 1681.

Studenții berlinezi din laboratorul spițeriei lui Zörn, în care Böttger își pregătește experiențele, sînt copleșiți de erudiția acestui magician al creuzetelor, al baghetelor, al baloanelor și al focului.

Böttger trece cu ușurință de la un subiect la altul. Kunckel descrisese producerea aurului fals din staniu și sulf pentru că nu cunoștea teoria producerii aurului adevărat. Kunckel susținea că s-ar putea transforma în aur o cantitate de metal ordinar de două ori mai mare decît masa de „piatră filozofală". „Absurd — spune Böttger. Această limitare n-are nici un temei".

Cînd i se pune întrebarea: „de ce nu sînt descrise clar, în cărți, metodele de producere a aurului curat, dacă este adevărat că asemenea metode există"?, Böttger se referă la alchimistul Artephius: „Sărmane idiot, scrie Artephius,

[1] Johann Kunckel (1630—1702), provenit dintr-o familie veche de suflători sticlari, a ajuns alchimist în laboratorul ducelui din Dresda. După o ucenicie scurtă la Wittenberg, a fost chemat la Berlin. Face o serie de experiențe care-l conduc la descoperirea sticlei rubin, din care se confecționează pahare ornamentale și vaze. Amărît de nerecunoașterea meritelor sale, răspunde invitației regelui suedez Carol al IX-lea. În Suedia, își continuă activitatea, contribuind la dezvoltarea metodelor experimentale în chimie. Printre altele, îmbunătățește metodele de preparare a fosforului.



La cuptorul de probe, după G. Agricola

adresîndu-se cititorului, ești tu oare atît de naiv încît să-ți închipui că noi ți-am preda deschis și limpede cel mai mare și mai important dintre secrete și să iei cele ce-ți spunem cuvînt cu cuvînt?"

Iar dacă Raymond Lull se lăuda că ar putea transforma în aur apa mărilor numai dacă ar avea „mercur"[1], ei bine, el, Böttger, va arăta experimental că are tot ce-i trebuie pentru a efectua „marea experiență".

În fața ochilor uimiți ai asistenților lui, în laboratorul spițeriei, Böttger aruncă peste cupru topit un praf roșu, și după cîteva operații intermediare, după răcire, scoate un grăunte de aur din creuzet.

Faima experienței lui Böttger trece repede peste zidurile spițeriei, umple orașele și ajunge la urechile regelui Prusiei, Friedrich I.

* * *

Sîntem în Europa anilor 1700. În Franța, domnește, în mijlocul celei mai strălucite curți a lumii, Ludovic al XIV-lea. Mare parte din sumele cheltuite de acest monarh absolut pentru ridicarea palatului de la Versailles, pentru războaie și pentru finanțarea academiilor de arte și de științe, sînt obținute din manufacturile regale. Manufactura de goblenuri, cumpărată de Colbert de la familia Gobelin în 1662 și transformată în manufactura regală de mobilă și tapiserie, manufactura de tapiserie de la Beauvais și alte zeci de întreprinderi industriale aduc sume importante în vistieria monarhului. Mărfurile produse în aceste manufacturi sînt vîndute în toată Europa. Regii și principii germani își împodobesc palatele cu goblenuri franțuzești. Parfumurile franțuzești acoperă mirosul urît al nobililor care nu cunosc deprinderea spălatului, dar care se vor strălucitori ca „regele soare". Oglinzi monumentale produse în manufacturile din Vincennes, Saint-Cloud și Sèvres împodobesc sălile de primire ale nobililor.

N-aveau nimic aristocratic aceste manufacturi organizate după chipul și asemănarea obișnuitelor întreprinderi industriale ale burgheziei vremii, dar banii storși din munca lucrătorilor le plăceau grozav regilor mai mari și mai mici ai Europei.

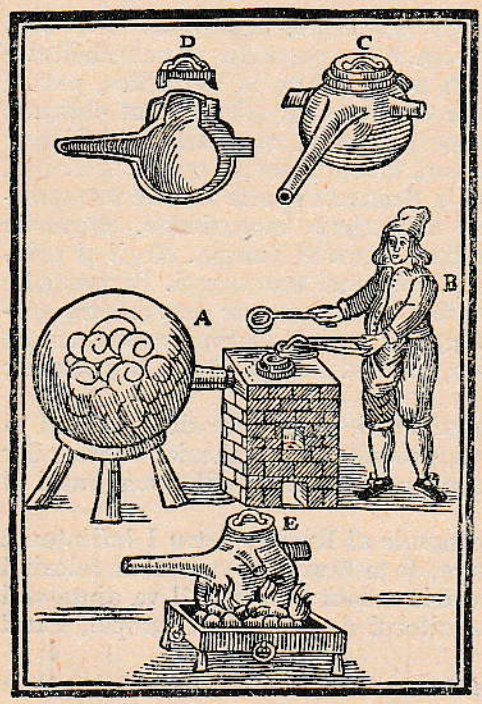
Preocupat de ridicarea potențialului economic al Rusiei, Petru I înființează mari manufacturi metalurgice, de vapoare, de țesături și de porțelan, folosind ca mînă de lucru mai ales iobagi. Industria creată de Petru îl va ajuta să-l zdrobească la Poltava, în 1709, pe cuceritorul de atunci al Europei, Carol

1 Este vorba, desigur, de „mercurul filozofic".

al XII-lea al Suediei, și să grăbească ridicarea Rusiei la rangul de mare putere a lumii, în fața căreia va da înapoi pînă și Anglia.
În această epocă — și anume în anul 1710 — inventează Böttger porțelanul dur, materialul din care se fac splendidele servicii de masă, creuzetele de laborator, materialul pentru care Europa plătea atunci aur greu negustorilor chinezi.
A avea o manufactură de porțelan însemna pentru un monarh a avea aur. Iar aur însemna armată, cuceriri, palate, putere.
Aceste împrejurări au determinat transformarea alchimistului Böttger în experimentatorul Böttger, inventator al porțelanului dur european.

* * *

Cînd zvonul experienței din spițeria lui Zörn ajunse la urechile lui Friedrich I, întemeietor al regatului Prusiei și suveran cu ambiții mari dar cu venituri mici, acesta îl pofti pe elevul de spițer și ascultă convingătoarele lui argumente. Pentru un suveran al vremii, era mult prea de ajuns să se informeze despre „problemele științifice" de la un tînăr atît de talentat. Mai ales că acest tînăr îndrăzneț și sigur pe sine scoate din buzunarul hainei sale o bucățică de aur, pe care susține că a obținut-o prin transmutarea aramei. Regelui prusac îi surîde grozav ideea de a avea în serviciul său un asemenea „bucătar". Ca să fie mai sigur de serviciile lui Böttger, Friedrich îl trimite în fortăreața din Spandau. Gluma se îngroașă și tînărul spițer, care știe bine că nu va putea executa comanda de saci cu aur pentru vistieria lui Friedrich I, o ia la sănătoasa înainte de a ajunge la Spandau. El izbutește să treacă granița Saxoniei și ajunge astfel sub autoritatea altui Friedrich, elector de Saxonia și rege al Poloniei, Friedrich August I. Nici acest monarh nu este dispus să piardă ocazia de a avea aur la discreție; de aceea se grăbește să ia pe acest interesant fugar sub „augusta" sa protecție. O escortă îl conduce pe Böttger la Dresda. Batalionul trimis de celălalt Friedrich la Wittenberg, pe urmele fugarului, cu cerere de extrădare adresată electorului de Saxonia, nu-l mai găsește pe cel căutat. Böttger este instalat de noul său suveran în palatul din Dresda, unde este pus — sub atentă supraveghere — să lucreze.
Böttger face tot ce este cu putință pentru a întîrzia scadența executării lucrărilor. Cere să-și instaleze labo-



„Cuptor filozofic" din cartea lui Johann Rudolf Glauber

ratorul. I se dă tot ce pretinde. Între timp, suveranul trebuie să plece la Varșovia. De acolo trimite un delegat special să ridice de la Böttger substanța secretă. Böttger nu mai poate amîna. Predă emisarului o fiolă cu lichid roșu însoțită de tot felul de indicații de utilizare. Primind prețiosul elixir, regele pornește la treabă. În cea mai mare taină, înconjurat de cei mai de încredere slujitori, el organizează experiența de transmutație. Arama este topită în creuzet; se toarnă peste topitură puțin din conținutul fiolei trimise de Böttger; dar arama se încăpățînează să rămînă aramă.
Repetatele încercări ale regelui nu duc la nici un rezultat.
Știri despre mînia regelui și măsurile proiectate de el ajung la urechile lui Böttger, care încearcă din nou vechea soluție. Fuge din Dresda și trece granița Austriei, dar de astă dată nu mai scapă. Agenții electorului îl ridică chiar din patul de la hanul „Cerbul de aur". Este dus la Dresda, apoi în fortăreața Königstein și acolo află că trebuie să fabrice aurul sau să fie spînzurat.
Doar speranța nesăbuită a regelui că va smulge pînă la urmă marele secret de la prizonierul său explică faptul că au trecut ani fără ca Böttger să livreze vreun gram de aur și totuși să nu fie spînzurat.
Poate că și influența chimistului Ehrenfried Walter von Tschirnhaus asupra regelui să fi fost cauza amînării sancțiunii.
Acest Tschirnhaus era un om deosebit de interesant. De la primele lui întîlniri cu Böttger el înțelesese că omul poate fi folosit pentru rezolvarea unor probleme practice.
În tinerețea lui, Tschirnhaus a lucrat în domeniul matematicii, rezolvînd în anul 1683 ecuații de gradul III și IV. Mai tîrziu se ocupă de aparate optice. Încearcă să realizeze oglinzi parabolice, cu ajutorul cărora să folosească în scopuri practice energia solară. În 1687 izbutește să construiască o asemenea oglindă cu ajutorul căreia topește un amestec de oxizi ușor fuzibili, transformîndu-i astfel într-o masă sticloasă. Problema preparării unor emailuri și a înnobilării produselor de lut și faianță îl preocupase ani de-a rîndul. El cunoștea în amănunt metodele folosite de vestiții olari saxoni și încerca să aplice cunoștințele sale de chimie și fizică la producerea articolelor de ceramică. Izbutise să obțină unele mostre de material care aduceau a porțelan, dar lucrurile progresau încet.

De la piatra filozofală la porțelan

Tschirnhaus îi împărtășește lui Böttger rezultatele sale și încearcă să-i stîrnească interesul pentru această temă concretă: porțelanul. N-ar fi oare util pentru Böttger să încerce fabricarea porțelanului? Cu dibăcia lui în folosirea cuptoarelor și utilajului de laborator, Böttger ar putea descoperi procedeul de fabricare a acestui material nobil și asta ar echivala cu fabricarea aurului. Da, producerea unui porțelan de calitate bună ar putea aduce Saxoniei aur adevărat. Himera aurului produs în eprubetă poate fi lăsată pe seama altora.
Böttger nu se lasă rugat. Ideea prinde contur. El cere zeci de mostre de pămînturi din cele folosite de olarii Saxoniei. Închis în camerele ce-i sînt puse

Porțelan roșu (Böttger)

<

la dispoziție, el introduce în creuzete zeci de amestecuri, cîntărind cu grijă — ca un adevărat farmacist — materialele. Înseamnă fiecare proporție încercată. Folosește toate mijloacele pentru a ridica temperatura în cuptor. Încearcă fiecare bucată de material obținută prin răcirea topiturii. Tschirnhaus, devenit asistent al lui Böttger, moare în 1708, dar alchimistul își continuă cercetările.

Trec luni de încercări. Rezultatele nu sînt încurajatoare. Cu fiecare experiență, Böttger învață însă ceva nou. Și apoi, cîtă vreme era prins în acest vîrtej de muncă îndîrjită, timpul trecea mult mai repede, iar regele vedea cu ochi buni această febrilă activitate.

Ceva trebuia să iasă de aici.

Într-una din zile, privirile lui Böttger cad pe un creuzet roșu ce fusese încălzit la maximum. După răcire, acest creuzet căpătase un aspect sticlos de porțelan. Böttger cere sacii cu argilă roșie, din care chiar el, cu mîinile lui, făurise creuzetul. Modelează cîteva forme de oală din aceeași compoziție și încălzește cuptorul mai mult decît de obicei. De astă dată nu mai rămîne loc pentru îndoială. Oalele obținute au splendide reflexe sticloase, roșii.

Este anunțat regele, care sosește în grabă. Obiectele fabricate sînt rînduite frumos pe o masă. Regele le ciocănește cu degetul. Sunetul lor e plăcut. Le pipăie cu degetele.

Consilierul comercial este cu el. Afacerea este pusă îndată la cale. Dacă manufactura de porțelan moale din Delft a îmbogățit Olanda, acest porțelan dur nu va putea deveni curînd o marfă europeană?

La 23 ianuarie 1710, regele semnează un decret prin care se înființează o manufactură de porțelan, ale cărei venituri aveau să contribuie la îmbunătățirea situației financiare a Saxoniei, grav zdruncinată după invazia lui Carol al XII-lea al Suediei. Decretul are cuvinte de laudă pentru „persoanele eminente", care au izbutit să transforme argila saxonă într-un material din care se pot face vase roșii, superioare celor indiene. Decretul conferă drepturi speciale meșterilor din alte țări care vor veni să lucreze la manufactura saxonă și anunță că aceleași persoane eminente se ocupă de producerea porțelanului alb.

Într-adevăr, Böttger, încurajat de succesul lui, trece la noi încercări. El este urmărit de gîndul găsirii unei argile cu aceleași proprietăți de vitrifiere, dar de culoare albă.

Se povestește că împrejurarea care l-a dus pe calea găsirii argilei pentru porțelanul alb ar fi legată de peruca lui Böttger. În timp ce-și punea peruca, i se păru deodată că este mult mai grea ca de obicei și află de la valetul lui că această greutate neobișnuită se datora unei pudre speciale, preparată dintr-o argilă albă, mult mai albă decît pămîntul gălbui de Colditz, pe care-l folosise pînă atunci.
Așa sau altfel, Böttger trebuia să ajungă la descoperirea acestui pămînt, deoarece el se interesa de fiecare fel de lutișor din țară și din alte țări. Cu noul material, caolinul, Böttger prepară porțelanul dur, alb, translucid, mult superior în toate privințele porțelanului moale produs la Sèvres. Porțelanul dur de Meissen conține 66—67% caolin, 8—9% cuarț și 25—26% feldspat. El se emailează prin coacere la 1 450°C.
Meissen este localitatea unde a fost înființată manufactura saxonă de porțelan. Manufacturile franceze, cea olandeză și cele englezești de la Derby, Bristol, Plymouth și Straffordshire capătă un concurent de temut.
Regele este mulțumit, foarte mulțumit. Böttger se simte, în sfîrșit, îndreptățit să ceară eliberarea. Dar Friedrich August nu vrea să scape din mînă un astfel de prizonier. Aur nu știa să facă Böttger, dar porțelan dur știa prea bine. Și acest secret trebuie păstrat.
Böttger rămîne prizonierul regelui pe toată viața. La vîrsta de 35 de ani, în 1719, el moare chinuit de dorința de libertate, ros de alcoolismul la care l-a împins tragica lui soartă.
După moartea lui Böttger, Friedrich August a continuat să încaseze veniturile aduse de manufactura din Meissen. În anul 1721, el comandă să i se execute, pentru împodobirea palatului japonez din Dresda, un joc de clopote de porțelan. Abia în 1736 fu gata această comandă. Maestrul modelar Kändler avea să transporte personal seria de clopote.
Celebritatea atelierelor din Meissen creștea mereu.
Cei de la manufactura franceză de la Sèvres încercau în zadar să fabrice porțelanul dur. N-au izbutit nici în 1761, după ce au cumpărat secretul de fabricație de la stăpînii de atunci ai manufacturii, deoarece le lipsea caolinul special.
Abia în 1765, cînd soția unui chirurg descoperă caolin la Saint-Irieix-la Perche, fabricarea porțelanului dur începe și la Sèvres.
Tehnologia „porțelanului sonor" a fost mereu perfecționată, pînă s-au putut realiza tuburi de orgă și clopote înalte de 90 cm.
Experiențele lui Böttger au dus la întemeierea unei industrii care a devenit tradițională în Europa.

Partea a doua

VIII. Descoperirea experienței chimice

„...Boyle face din chimie... o știință".

FR. ENGELS

Robert Boyle a trăit între anii 1627 și 1691. Activitatea sa de experimentator s-a desfășurat între anii 1660 și 1684. A fost contemporan cu Robert Hooke (1635—1703), împreună cu care și-a început activitatea de cercetător al naturii, cu filozofii englezi Thomas Hobbes (1588—1679) și John Locke (1632—1704), cu marii olandezi Christian Huygens (1629—1695), Baruch Spinoza (1632—1677) și Antony Leeuwenhoeck (1632—1723), cu celebrul medic anatomist, italianul Marcello Malpighi (1628—1694).

S-a născut la un an după moartea celui pe care-l numește „marele Verulam", filozoful englez Francis Bacon (1561—1626), și la 3 ani înainte de moartea lui Johann Kepler (1571—1630).

Galileo Galilei mai trăia cînd Boyle începea să descifreze alfabetul științei veacului al XVII-lea.

Blaise Pascal (1623—1662) își încheia scurta viață — după ce, uimindu-l pe Descartes la 16 ani prin tratatul său despre conice, inventase presa hidraulică și o mașină de calculat, descoperise principiul care-i poartă numele și pusese bazele studiului echilibrului lichidelor și al calculului probabilităților — în anii în care Boyle intra pe arena științei.

Oameni ca francezul René Descartes (1596—1650), Pierre Gassendi (1562—1655), englezul William Harvey (1578—1657) și italianul Evangelista Torricelli (1608—1647) precedau generația lui Boyle, pe care avea să o urmeze generația lui Leibnitz, Newton și Lomonosov.

Catolicismul nu mai putea ține, pe atunci, în mîinile sale uscate frînele istoriei. Totuși Galilei trebuia să se mai teamă de inchiziție, iar Descartes mai era silit să-și ardă una din lucrări, în care subscria la concluziile galileene.

Robert Boyle avea 21 de ani cînd capul lui Carol I al Angliei cădea sub secure pentru a lăsa locul lui Oliver Cromwell, conducător al armatei „capetelor rotunde", formate din meșteșugari, burghezi și țărani, omul care va înscăuna o dictatură burgheză „republicană" și va îndemna negustoria engleză să pornească la asaltul comerțului internațional.

Secolul al XVII-lea este secolul unei răspîndiri tot mai mari a mașinilor și a marii producții bazate pe diviziunea muncii.

Procesul nestăvilit al acumulării primitive a capitalului se desfășoară în cele mai brutale forme. Pentru noua clasă pusă pe îmbogățire toate mijloacele sînt bune: aruncarea pe drumuri a țăranilor și meseriașilor, exploatarea sălbatică a femeilor și copiilor, războaiele, pirateria, jefuirea coloniilor. În marile orașe mizeria și strălucirea stăteau alături.

Setoasă de profituri, urmînd legea existenței sale, burghezia îndrăznește pe toate fronturile. Se simte puternică și-și plătește artiști care s-o picteze, care să-i ridice palate. Puternicii banului sprijină cercetările științifice strîns legate de practică și care pot contribui la creșterea siguranței transportului pe mare, la crearea unor manufacturi noi, bănoase. Sînt privite cu interes și acele cercetări care nu au o imediată aplicație practică.
În universități se mai preda după vechea metodă scolastică, înăbușitoare a gîndirii libere, disprețuitoare a practicii, dar adeseori oamenii de știință se adună în afara zidurilor întunecate ale universităților scolastice.
O primă asociație a oamenilor de știință se formează la Neapole, în anul 1560, sub numele de „Academia tainelor naturii". Între 1603 și 1630, ființează la Roma „Accademia dei Lincei", printre membrii căreia se numără și Galilei; iar în 1651 ia ființă la Florența „Accademia del Cimento". În aceste academii, savanții își comunică observațiile, rezultatele cercetărilor experimentale.
La Oxford ia ființă o asociație științifică, așa-numitul „colegiu invizibil" al cărui cuvînt de ordine este *nullius in verba* — nimic să nu se bazeze pe cuvinte ca la scolastici, totul să se sprijine pe experiență. Boyle este unul din organizatorii asociației. În 1680 asociația, care între timp trecuse la Londra, avea să se transforme în „Societatea regală din Londra pentru dezvoltarea științelor naturale" (Academia de științe a Angliei), iar Boyle avea să devie primul ei președinte.
Otto von Guericke inventează în 1641 pompa de aer, cu ajutorul căreia va efectua în 1654 celebra sa experiență cu așa-numitele emisfere de Magdeburg. Primul exemplar de pompă construită este oferit magistratului din Köln, iar experiența cu emisfere este prezentată în fața oficialităților orașului la Regensburg.
La observatorul din Paris lucrează hughenotul Denis Papin, înainte de a fi fost obligat să fugă din Franța; și tot acolo își vor desfășura cercetările astronomul Giovanni Domenico Cassini și danezul Olaf Römer, care va izbuti să calculeze viteza luminii.
Filozofii care gîndiseră în trecut la valoarea experienței (ca, de pildă, Roger Bacon) nu găsiseră o lume gata să asculte și să înțeleagă indicațiile lor. Abia în perioada în care ne găsim se descoperă cu adevărat experiența. Galilei îi demonstrează forța în mecanică, Robert Boyle dovedește infinitele ei posibilități în fizică și chimie. El nu va mai fi unul din acei savanți care, după o expresie a lui Francis Bacon „... plimbă experiența ca pe o captivă în jurul opiniilor lor". Mecanicianul și fizicianul Boyle va aduce în domeniul transformării substanțelor metode care au transformat studiul deplasării corpurilor pămîntești și cerești într-o știință.

Robert Boyle

Robert Boyle era al 7-lea fiu al primului lord de Cork, înnobilat de Iacob I. De copil este trimis în Franța, unde învață limba și-și însușește bazele culturii generale. Călătorește prin Franța și Italia. Cînd se întoarce, la 17 ani, în Anglia, auzise și citise multe. Nu va uita niciodată cărțile lui Galileo Galilei. Forma dialogului dintre un cercetător progresist și un încăpățînat

fixat de vechile idei scolastice, pe care Galilei o folosește pentru a pune în lumină ideile revoluționare ale lui Copernic, va fi folosită și de Boyle în cartea sa *Chimistul sceptic*.

Boyle a studiat la Cambridge și la Londra, și-a construit un laborator de cercetări fizice și chimice, s-a înconjurat de oameni talentați, pasionați ai cercetării naturii. Francis Bacon, Galilei și Pierre Gassendi[1] sînt părinții lui spirituali.

Francis Bacon făcuse elogiul experienței. Galilei a fundamentat, pe experiențe, mecanica. Împreună cu Galilei, Pierre Gassendi reînvia, după două milenii, teoria atomistă a lui Democrit și Epicur. Cu asemenea profesori, lucrînd cu cercetători de talia lui Hooke, luînd parte la discuțiile pasionate din societățile științifice, un om care se informa cu pasiune despre tot ce se întîmpla în capitalele Europei și în atelierele manufacturilor, nu se mai putea împăca cu chițibușurile scolastice. Și Boyle experimentează timp de 24 de ani.

În cartea matematicianului Kaspar Scholt din Würtzburg citise despre experiența lui Guericke. Inspirat de această lucrare, el concepe, împreună cu Robert Hooke, construcția unei pompe de aer. Avea nevoie de o asemenea pompă pentru experiențele de fizică și chimie pe care le plănuia. În vederea realizării acestor experiențe, el construiește pompa cu un recipient de sticlă; recipientul era acoperit cu un clopot și se putea îndepărta înainte de începerea experienței și după terminarea ei (evident, după admiterea aerului în recipient, prin deschiderea unui robinet). Un asemenea dispozitiv era ideal pentru observarea influenței presiunii asupra unor fenomene ca, de pildă, fierberea lichidelor.

Pompa aceasta îi va servi la descoperirea experimentală a celebrei legi fizice, cunoscută sub numele de legea Boyle-Mariotte, deoarece a fost descoperită, prin cercetări independente, și de francezul Edmé Mariotte.

Neîntrecuta măiestrie de experimentator a lui Boyle, necruțătorul lui spirit critic, orizontul lui larg și capacitatea lui de abstractizare — toate sînt puse în slujba țelului pe care și l-a ales marele savant: dărîmarea falsei autorități a „teoriilor" cultivate timp de secole de alchimie și înlocuirea lor cu date și legi rezultate din experiență.

Boyle se apropie de toate substanțele cărora alchimiștii le atribuiau proprietăți misterioase sau fantastice. El pune la îndoială orice afirmațiedin lucrările alchimiștilor. Bagheta experienței era arma cu ajutorul căreia dizolva misterele alchimiei.

Practica chimică intrase de mult în conflict cu vechile teorii ale „calităților ascunse" ale lucrurilor, ale elementelor, și cu teoria celor trei principii. Apărea tot mai limpede că teoria calităților punea realitatea cu capul în jos; apărea tot mai limpede că însușirile depind de corpurile materiale și nu invers. În disputele oamenilor de știință, în scrisorile lor, în operele lor care se răspîndeau pe calea tiparului, își făcea loc această idee nouă, care măcina vechile teorii alchimice.

În cartea *Chimistul sceptic*, discută doi prieteni; unul dintre ei, Eleuterius, susține punctul de vedere al „peripateticienilor"[2]; celălalt, Carneades (care-l reprezintă pe autor), își exprimă îndoiala cu privire la raționamen-

[1] Filozof materialist, matematician și astronom francez (1592—1655).

[2] Scolastici, susținători ai teoriei elementelor aristoteliene: foc, aer, pămînt, apă.

Robert Boyle

<

tele „peripateticienilor" și „spagiriștilor"[1].

Chiar titlul acestei cărți-dialog vorbește despre poziția lui Boyle: „Chimistul sceptic sau îndoieli și paradoxe fizico-chimice, prin care vulgarii spagiriști încearcă să dovedească că sarea, sulful și mercurul lor ar fi adevăratele principii ale lucrurilor". Boyle supune unei critici nimicitoare concepțiile scolastice și alchimice. El pune în gura lui Carneades cuvinte pline de ironie la adresa „subtilelor raționamente" ale peripateticienilor și „drăgutelor experiențe" prin care spagiriștii încearcă să susțină teoria celor trei principii. Carneades se consideră „prea greu de cap" ca să le înțeleagă și rămîne „plin de îndoieli" în ceea ce privește susținerile despre cele trei principii numite elemente.

Concluzia discuției este limpede: „numai experiența este concludentă; niciodată aserțiunea nedovedită".

Experiența — arată Boyle — dovedește limpede inconsistența acestor teorii. Dacă așa cum susțin partizanii lor, toate corpurile ar fi alcătuite din apă, fum (adică aer) foc și cenușă (adică pămînt), atunci de ce prin unirea acestora nu se poate reconstitui corpul inițial?

Reluînd experiențele înaintașilor și concepînd altele noi, Boyle face în 1661 o serie de experiențe cu metalele.

Care era sensul lor?

Alchimiștii susțineau că fierul se poate transforma în cupru și deseori ei demonstrau această „transmutație" printr-o experiență impresionantă pentru necunoscători. Un cui de fier introdus într-o soluție de piatră vînătă se acoperea de cupru strălucitor.

Ideea transmutației le era necesară alchimiștilor pentru susținerea întregului eșafodaj al concepțiilor lor. Dacă fierul se transformă în cupru, de ce nu s-ar putea transforma cuprul în aur? E o simplă problemă de timp,de condiții. Boyle atacă experimental problema. În locul argumentelor, al formulărilor încîlcite, el pune să vorbească faptele. El dizolvă cuprul în acizi și introduce în aceste soluții, pe rînd, zinc și fier. În aceste condiții se depune cupru metalic din soluție. Aceeași experiență o face folosind acizi fără urme de cupru. Și cuprul nu mai apare după introducerea zincului sau fierului. Soluția în care introduceau alchimiștii fierul sau zincul era o soluție de piatră vînătă, care se obține la rîndul ei prin dizolvarea cuprului în acid sulfuric. Așadar, cuprul preexistă în soluție. Experiența lui Boyle demonstra că fierul nu face decît să ia locul cuprului, eliberînd cuprul din soluție. Fierul nu se transformă în cupru, ci ia locul lui în combinația acestuia cu

[1] Empiriști, susținători ai „principiilor" alchimice: sare, sulf, mercur.

acidul. Dacă alchimiștii mai vor să susțină că fierul se transformă în cupru, atunci să binevoiască să nu folosească o soluție de piatră vînătă.
Lucrul pare foarte simplu astăzi, cînd ideea de metal-element este de mult dovedită, cînd orice elev de școală medie știe că piatra vînătă este o combinație a cuprului; dar pe vremea cînd Boyle experimenta, nimeni nu dovedise încă aceste lucruri simple, pe care s-au întemeiat cercetările experimentale și teoretice în chimia antialchimică.
Cu prilejul experiențelor sale cu piatră vînătă, cu fier și cu zinc, Boyle urmărește atent cristalele de sare, modul în care se separă ele din soluție, regularitatea și mărimea lor. El stabilește, pe baza acestor observații, influența pe care o are viteza de răcire a soluției asupra regularității formei cristalelor. Urmărind forma cristalelor, el încearcă dizolvarea și cristalizarea tuturor metalelor cunoscute pe vremea lui, în diferiți acizi. Obține, astfel, clorura de cupru hidratată dintr-o soluție de cupru și spirt de sare (acid clorhidric) și arată că această sare se dizolvă în spirt de vin (alcool). Deosebește cele două săruri ale cuprului cu acidul clorhidric (clorura cuprică și cuproasă).
Boyle era un partizan convins al teoriei atomiste. Toate corpurile sînt alcătuite din particule foarte mici, așa cum susținea Gassendi. Prin alăturarea unor particule de corpuri diferite, care se atrag reciproc, se naște o combinație. Dacă două combinații acționează una asupra alteia, atunci depinde de puterea de atracție dintre particule dacă cele două combinații se vor desface și se vor recombina altfel. Dacă particulele unei substanțe au o mai mare putere de atracție pentru particulele unui component al celei de-a doua combinații, desfacerea și recombinarea corespunzătoare vor avea loc. Particulele din teoria lui Boyle nu se deosebeau unele de altele decît prin volum. Altă deosebire calitativă nu li se recunoaște. Era evident, prea puțin pentru a explica toată complexitatea fenomenelor chimice. Dar oricum, mult mai mult decît teoria celor patru sau trei elemente, care era contrazisă și de practica de laborator, de sutele de experiențe ale înaintașilor, care au preparat gaze, săruri noi, acizi și baze.
Iată-l lucrînd, în anul 1663, cu antimoniu. Descoperirea lui fusese anunțată în termenii grandilocvenți și mistici ai alchimiei, în scrierile călugărului Basilius Valentinus. *Carul triumfal al antimoniului* este intitulată lucrarea publicată sub numele lui Valentinus.„Eu, cel ce vă vorbește, sînt antimoniul... În mine veți găsi...". Așa se recomandă această substanță, al cărei nume înseamnă „împotriva călugărilor", datorită, probabil, acțiunii toxice a acestui element, care a scurtat viața mai multor călugări alchimiști.
Atacînd sistematic studiul experimental al antimoniului, Boyle izbutește să prepare așa-numitul „unt de antimoniu". Este o substanță incoloră, cristalină și moale, cu un punct de topire scăzut (73,5°C).
Experimentatorul englez a obținut-o încălzind sublimatul mercuric (clorura mercurică) cu antimoniu. Este triclorura de antimoniu, care se descompune sub acțiunea apei pure, formînd compuși pe care astăzi îi numim oxicloruri. Prepararea untului de antimoniu, cunoscut de alchimiști, era ținută în secret, iar combinația era folosită ca medicament cu însușiri extraordinare. Consecvent cu acțiunea sa antialchimică, Boyle va încerca și va izbuti să obțină și fosfor, foarte puțină vreme după alchimistul Brandt. Evident însă că el va privi și fosforul ca pe un corp obișnuit, luînd în derîdere pretențiile alchimistului din Hamburg.

Lucrarea pe care o publică în anul 1663 poartă titlul sobru: *Experiențe și considerații privind culorile*. Aici el atacă o problemă izvorîtă direct din practica de atelier. Maiștrii vopsitori foloseau, pentru fixarea vopselelor pe țesături, alaunul. Boyle face o serie de experiențe, prin care cercetează sistematic acțiunea substanțelor cunoscute sub numele de mordanți și care au tocmai acest rol de a fixa culoarea pe fibră. El arată că alaunul și potasa (carbonatul de potasiu), plumbul acetic (acetatul de plumb) și o serie de alte substanțe precipită cu substanțele folosite drept coloranți. Pe baza experiențelor sale, el încearcă să explice rolul mordantului în legătura dintre fibra textilă și substanța colorantă.

Experiențele sale asupra culorilor (care pe vremea sa erau sucuri ale unor plante) îl conduc la sistematizarea reacțiilor de culoare ale acizilor.

Culoarea sucurilor de plante este foarte sensibilă la alcalii și acizi. Și unele și altele schimbă culorile naturale ale sucurilor vegetale. Dacă o substanță alcalină schimbă culoarea unui suc vegetal, adăugînd acid se poate readuce culoarea inițială. Extractul din viorele se înroșește sub acțiunea acizilor și se înverzește sub acțiunea alcaliilor. Extractul de turnesol ia culoare roșie în acizi și albastră în alcalii. Iată, deci, un mijloc de a descoperi ușor dacă avem de-a face — în soluțiile noastre — cu un acid sau cu o substanță alcalină. Cîteva picături de suc de plantă pot indica prezența unui acid sau a unei substanțe alcaline. Boyle devine astfel inventatorul indicatorilor de culoare, folosiți mult mai tîrziu în alcalimetrie și acidimetrie. El a fost întemeietorul analizei chimice calitative.

El cercetează sistematic acțiunea acizilor asupra sărurilor și îi clasifică după capacitatea lor de a dizolva metalele și sărurile.

Toate aceste lucrări sînt comunicate în anul 1667.

Descoperind forța demonstrativă a experienței, Boyle nu va mai înceta activitatea sa de investigator al fenomenelor chimice. E greu să găsești o cărare bătută de un înaintaș, pe care să n-o cerceteze atent chimistul sceptic.

Dacă aerul este o condiție a vieții animalelor și plantelor de pe pămînt, este oare de conceput ideea că organismele acvatice respiră apă? Puțin probabil. Dar răspunsul la întrebare trebuie să-l dea experiența. Și experiența răspunde negativ. În apă dezaerată, animalele acvatice pier.

Ca pe mulți cercetători chimiști înaintași, pe Boyle îl intrigă și-l preocupă problema rolului aerului în fenomenele biologice și chimice. El va relua experiențele din 1630 ale lui Jean Rey[1] cu staniul și plumbul. Va cîntări de sute de ori produsul calcinării acestor metale în retorte pentru a confirma faptul că greutatea produselor calcinării metalelor este mai mare decît a metalului luat în experiență. De unde provine acest exces de greutate? Răspunsul la întrebare îl depășește.

Concepția că focul este și el o substanță formată din aceleași particule fără individualitate calitativă îl face să tragă concluzia că excesul de greutate se datorește focului care a pătruns prin sticla retortei în substanță. Un alt experimentator genial va da răspunsul corect la această întrebare, un alt chimist sceptic care va examina critic experiențele marelui Boyle: Lomonosov.

Cercetările lui Boyle asupra calcinării metalelor se termină în anul 1674. El atacă acum probleme de electricitate, demonstrînd că fenomenele electrice

[1] Chimist francez care a demonstrat experimental că prin calcinare în aer metalele cîștigă în greutate.

Coperta cărții lui Boyle, Rotterdam 1668

au loc și în vid. Inventează un nou areometru și cercetează sistematic greutatea specifică a substanțelor. Trece la perfecționarea termometrului lui Galilei. Mînuind balanța, areometrul și termometrul, el va introduce în cercetarea fizică și chimică ideea măsurării cît mai exacte a fenomenelor. Experiență, măsurare exactă, cît se poate de exactă, iată secretul descoperirii adevărurilor despre fenomenele naturale. Experiența dovedea falsitatea aserțiunii peripateticienilor, cum că focul este unicul analizator. Focul poate și combina, nu numai descompune. Oare nu folosind focul producem sticlă din nisip și sodă? Se poate vorbi aici de descompunere, de analiză — sau dimpotrivă, de combinare sub acțiunea focului?

Lemnul se comportă într-un fel cînd este supus direct flăcării și cu totul altfel cînd este încălzit în retortă. Boyle culege produsele de distilare ale lemnului, le măsoară și le analizează cu grijă. În retortă a rămas cărbunele negru; în recipienții distilatorului o substanță acidă și alta neutră, care se pot separa între ele prin obișnuitul procedeu de distrugere a acidului cu ajutorul pămîntului de corali. Unde este mercurul, sarea și sulful alchimiștilor? O substanță volatilă care arde este ea sulf (inflamabil) sau mercur (volatil)? Ar fi să numim gazul obținut din metale și acid, mercur și sulf în același timp. Teoria aristoteliană a celor patru calități, ca și teoria celor trei elemente sînt la fel de absurde, fiind în contradicție cu experiența. Pe baza lucrărilor experimentale ale predecesorilor și pe baza propriilor sale experiențe, Boyle ajunge foarte aproape de concepția elementului chimic — ca substanță ce nu se mai poate descompune prin nici un fel de mijloace.

Elementul este un corp material, o substanță și nu „un principiu" al lucrurilor. Nu galbenul face aurul, ci aurul este galben. Elementele nu trebuie concepute ca îmbinări de însușiri misterioase, ci ca substanțe ce se combină între ele pentru a da alte substanțe mai complexe. Așadar, aurul, mercurul, plumbul, sulful, fosforul, staniul sînt corpuri simple. Aceste corpuri și combinațiile lor formează obiectul investigației chimice.

Este o nouă concepție asupra chimiei ca știință.

Descoperitorul experienței chimice a fost însă trădat de propria-i concepție mecanicistă despre materie. Încercînd să dea explicația ultimă a fondului substanțelor, el se adresează unor particule nediferențiate calitativ. Prin aceasta el subminează chiar ideile către care îi conduceau propriile sale experiențe.

Cu cîtă hotărîre demonstra el experimental absurditatea focului — analizator universal — arătînd că aurul se topește dar nu dispare, nu este descompus; că același aur dizolvat în apă regală se reconstituie la evaporarea soluției. Ar fi trebuit deci să conchidă că aurul este un element chimic ultim. El se adresează însă concepției sale mecanicist-atomiste, care-l face să greșească. Și aurul, și focul, și apa sînt, la rîndul lor, compuse din *aceleași* particule nediferențiate ale unei substanțe nedefinite, fundamentale. Așa credea Boyle.

Cu toate aceste limitări, firești pentru epoca lui, și cu toate că încerca să împace propriile-i idei materialiste, către care îl împingea experiența, cu ideile religioase ale veacului său, Boyle „face din chimie o știință", pentru că elaborează metoda experimentală în chimie, inițiind analiza chimică și verificarea ei prin sinteză, pentru că atrage atenția chimiștilor asupra obiectului și sarcinilor firești ale chimiei.

Boyle este adevăratul descoperitor al experienței chimice.

IX. Flogistonul

„Chimia abia se emancipase de alchimie prin teoria flogistică.

„...în chimie, teoria flogisticului a furnizat abia după un secol de muncă experimentală materialul cu ajutorul căruia Lavoisier a putut să descopere în oxigenul preparat de Priestley antipodul real al flogisticului imaginar și să răstoarne în întregime teoria flogisticului".

FR. ENGELS

Veacul al XVII-lea este veacul unor prefaceri adînci în industria metalurgică. Locul cuptoarelor primitive de topit minereurile îl iau furnalele alimentate cu aer, suflat de puternice foale acționate cu roți hidraulice.
Mostre de minereu de fier și „piatră de magnet" sînt analizate la Amsterdam, la Riga, la Londra, Manchester și Paris. Cuptoarele înalte făcuseră să crească mult producția și cereau lărgirea bazei de materii prime.
Transformarea produsă în metalurgie punea noi probleme chimiei. Este vorba, în primul rînd, de găsirea unor metode potrivite de analiză a minereurilor; de elaborarea unor rețete noi pentru aliaje metalice; dar, mai ales, de îmbunătățirea condițiilor arderii. Alimentarea cu aer a cuptoarelor și fenomenele ce se petrec în interiorul furnalelor deveneau preocupări esențiale ale chimiștilor.
Problema fundamentală care se ridica în fața chimiei vremii era: ce este arderea? De răspunsul la această problemă depindea, în mare măsură, rentabilitatea marilor întreprinderi metalurgice, căci în prețul de cost al oțelului, ponderea cea mai mare o avea combustibilul. Înțelegerea procesului combustiei putea să însemne economisirea a mii și mii de tone de cărbune. Practica arăta necesitatea insuflării aerului pentru creșterea temperaturii în cuptor. Ce rol are aerul în procesul de ardere? Și iese, oare, aerul din cuptoare la fel cum a intrat? „Aerul" ce iese prin coșuri are cu totul alte însușiri decît cel curat, insuflat cu foalele. În „aerul" ieșit pe coșuri mor șoarecii, se sting flăcările. În ce constă această „viciere" a aerului?
Asemenea probleme preocupau pe cei mai străluciți savanți ai lumii. Și marele Newton le acordă o deosebită atenție. În celebrul său laborator instalat într-o grădină a lui Trinity College, laborator în care descoperitorul legii gravitației universale își făcea experiențele de optică, găseai tot felul de aparate chimice. Conform mărturiilor asistentului și rudei sale, Humphrey Newton, marele mecanician și optician consuma mult mai multă vreme — uneori zile și nopți de-a rîndul — pentru efectuarea de experiențe de chimie, decît pentru cele de optică. Newton n-a scris nici o carte de chimie, dar în notele sale se găsesc zeci de descrieri de experiențe chimice și „întrebări" esențiale despre natura forțelor de atracție și respingere dintre „micile particule" constituente ale corpurilor. Ideea de corpuscule, constituente ale substanțelor, ideea discontinuității structurii materiei este atît de ferm înrădăcinată în spiritul lui Newton, încît el consideră și lumina drept o substanță formată din corpuscule.

Newton face nenumărate experiențe cu flacăra, distilă și sublimă, încearcă reacții între substanțe, amestecă prin topire metalele. Rețetele de aliaje îl preocupă în mod deosebit. Elaborează rețete pentru aliaje fuzibile, notînd, de pildă, că cel mai ușor fuzibil aliaj se compune din 5 părți plumb, 7 părți staniu și 17 părți bismut.

Despre flacără își exprimă părerea că ea diferă de vaporii unei substanțe, tot așa cum diferă un corp înroșit la foc de corpul neînroșit.

Dacă pentru Newton experiența și teoria chimică reprezintă totuși preocupări secundare, alți cercetători se consacră cu totul problemelor chimiei. După Sylvius, se ocupă de combinarea alcaliilor și acizilor în diferite proporții Wilhelm Homberg (1652—1715) adunînd un prețios material faptic pentru teoria neutralizării acizilor cu bazele.

Van Helmont preparase gaz silvestru (bioxid de carbon) în 1640; în 1678, un chimist, pe nume Borch, pare să fi preparat din salpetru un gaz care întreține arderea mai bine decît aerul, gaz pe care-l va prepara încă o dată, în 1729, Stephen Hales. Dar toate aceste descoperiri sînt disparate, neraportate la o teorie unică și de aceea multe dintre ele — de pildă prepararea gazelor cu proprietăți diferite de cele ale aerului — se părăsesc pur și simplu ca nesemnificative.

Problema fundamentală rămînea nerezolvată. Ce este arderea?

Alchimiștii dăduseră răspunsul lor la această problemă. Cauza arderii, ei o vedeau în „principiul inflamabilității"; dar această noțiune nu mai putea mulțumi pe nimeni. Alchimistul german Becher stăruise mult asupra problemei arderii, încercînd să și-o explice pe baza existenței unui „pămînt inflamabil" prezent în diferite corpuri.

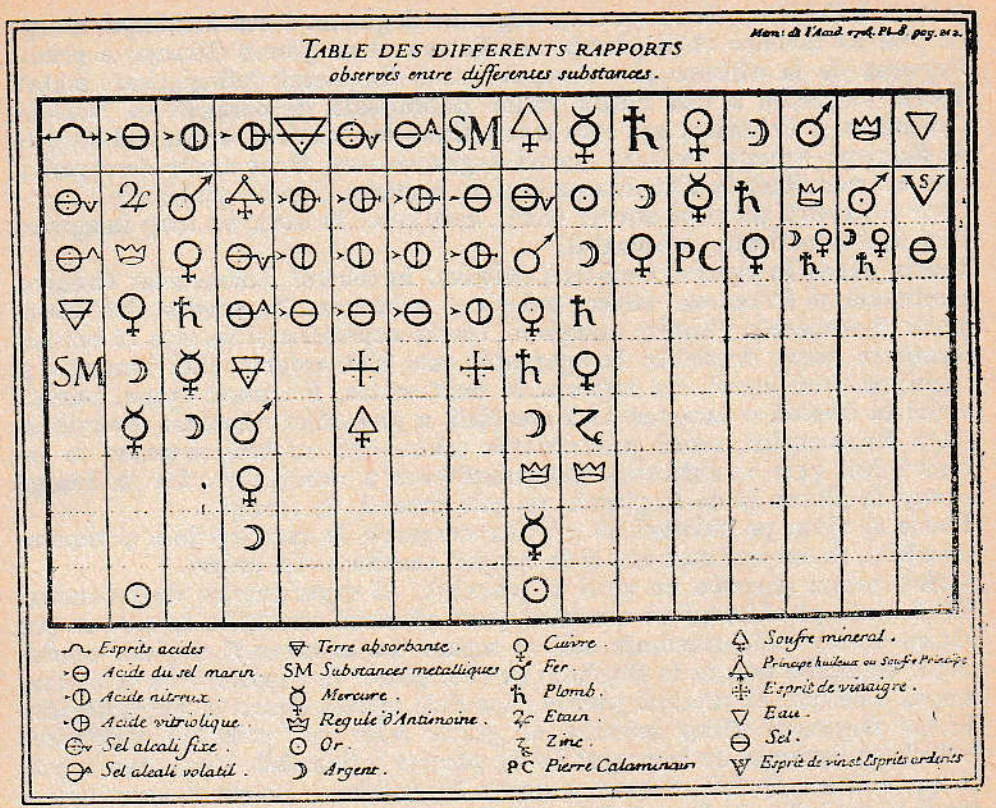
Georg Ernst Stahl (1660—1734), profesor de medicină și chimie la Halle, prim medic al regelui Prusiei și președinte al Consiliului medicilor din Berlin, reia ideile lui Becher. „*Becheriana sunt quo profero*" (citez ideile lui Becher) spune Stahl în lucrările lui. Dar noțiunea pe care o inventează exprimă o nouă concepție generală.

Stahl folosește, pentru prima oară, cuvîntul *flogiston* în anul 1697. Limbajul folosit de Stahl nu este prea riguros. Vocabularul cuprinde o serie de termeni germani, amestecați cu expresiile latinești, dar contemporanii lui și, mai ales, chimiștii care-l urmează găsesc în ipoteza lui Stahl un răspuns satisfăcător la întrebarea de bază: ce este combustia?

Corpurile care ard — susținea chimistul german — cuprind o substanță invizibilă: flogistonul (sau flogisticul). Această substanță se pierde în timpul arderii, iar flacăra ar fi tocmai manifestarea acestui fluid, care iese din corpuri în timpul combustiei lor. Arse sau calcinate, corpurile care cuprindeau flogiston îl pierd și se prefac în corpuri fără flogiston, care nu mai sînt în stare să ardă. Un metal încălzit în aer sau lăsat multă vreme în aer fără a fi încălzit își dă flogistonul, transformîndu-se în rugină sau var — cenușă de metal — sau în terminologia nouă: metal deflogisticat.

Scînteile care țîșnesc de sub ciocanul fierarului care lovește fierul incandescent sînt particule de fier pe cale de a-și pierde flogistonul. Pudra galbenă care se formează prin calcinarea îndelungată a plumbului (litarga) este plumb deflogisticat.

Așadar, ce se întîmplă în timpul arderii sau calcinării? Corpurile compuse se desfac în corp simplu și flogiston.



Tabelul înrudirii substanțelor al lui Etienne François Geoffroy „cel vîrstnic“ (secolele al XVII lea-al XVIII-lea)

Traducerea legendei la tabel este următoarea:

Spirite acide	Pământ absorbant	Cupru	Sulf mineral
Acid de sare marină	Substanțe metalice	Fier	Principiul uleios sau principiul sulf
Acid nitros	Mercur	Plumb	Spirit de oțet
Acid vitriolic	Regulus (substanță metalică neductilă) de antimoniu	Staniu	Apă
Sare alcalină fixă	Aur	Zinc	Sare
Sare alcalină volatilă	Argint	Piatră calaminară	Spirit de vin și spirite arzătoare

În lumina teoriei lui Stahl, am putea scrie astfel reacțiile arderii:

Metal = „var“ + flogiston
„Var“ + flogiston = metal

Prima reacție ar exprima procesul arderii sau calcinării; cea de-a doua, procesul invers, al reducerii „varurilor“ metalice, a ruginilor, a minereurilor în metale. Pentru ca un minereu să se transforme în metal, el trebuie să

primească flogiston de la un corp bogat în flogiston. Dacă încălzești litarga cu praf de cărbune obții plumb metalic; varul de plumb (litarga) a primit flogiston de la cărbune și a devenit astfel din metal deflogisticat, metal. Teoria flogistică a fost multă vreme îmbrățișată de chimiști ca Scheele, Cavendish și Priestley, așa cum teoria fluidului căldură a fost îmbrățișată de fizicienii vremii. Pe baza teoriei flogistice s-au făcut multe descoperiri, care au contribuit la răsturnarea ei și la nașterea chimiei științifice.

Cum se explică succesul acestei teorii, care crea, în fond, un corp imaginar, fără individualitate, insesizabil?

Teoria punea în centrul tematicii chimice, în centrul fenomenelor chimice, combustia și fenomenul invers arderii — reducerea. Or, acestea sînt într-adevăr fenomenele chimice esențiale. Teoria cuprindea și încerca să explice fenomene foarte deosebite în aparență, cum sînt arderea unei lumînări și ruginirea unui metal. Ea explica, în mod unitar, fenomene opuse, punînd astfel în lumină o caracteristică esențială a proceselor chimice: reversibilitatea fenomenelor, adică posibilitatea schimbării oricărui fenomen în inversul lui, prin modificarea corespunzătoare a condițiilor. De la litargă ajungi la plumb și de la plumb, pe cale inversă, la litargă.

Teoria îi ajuta pe chimiști să grupeze corpurile în combustibile și necombustibile, în corpuri care ard și în corpuri rezultate din arderi.

Astfel, teoria devenea un ghid al practicii, al experiențelor de laborator. Ea îi ajuta pe chimiști să cerceteze și să găsească condițiile în care se pot obține metale noi, substanțe noi, să separe din amestecuri sau din combinații, corpurile bogate în flogiston de cele sărace în flogiston. În orice caz, scopul alchimic al căutării pietrei filozofale apărea desuet și antiștiințific. Teoria flogistică dădea lovitura de grație celor trei principii alchimice. Sulful era detronat de la rangul lui de pămînt inflamabil. Urmărirea condițiilor în care corpurile ard sau se prefac în metale, — acesta devenea obiectivul central. Teoria flogistică însemna un pas serios înainte; ea marca descătușarea din mreaja încîlcitelor idei alchimice.

Ultimul episod al luptei pentru susținerea teoriei flogistice va fi ciudata argumentare a lui Priestley și contraargumentarea lui Lavoisier.

X. Răspuns la o problemă fundamentală

„Dar și în artă, ca și în știință, trebuie să fie ca în atelierul de fierărie, unde zgomotul lucrărilor noi și al produselor viitoare răsună pretutindeni".

FR. BACON

În timp ce se consolidau țările Europei și se formau națiunile: engleză, franceză, germană, suedeză, Rusia era ținta invaziilor tătaro-mongole. Jugul tătaro-mongol a durat mai mult de 240 de ani (1237—1480). Mările nordului i-au fost închise Rusiei pînă la începutul veacului al XVIII-lea. Mările sudului erau blocate de turci. Rusia rămînea o țară înapoiată din punct de vedere tehnic, slabă în fața tendinței expansioniste a statelor europene.

Cînd, sub Petru I, Rusia izbutește să înfrîngă pe Carol al XII-lea și să-și deschidă drum spre mare, s-au creat condițiile unui puternic avînt economic și cultural.

Reformele lui Petru făceau să cadă zăgazurile care împiedicau participarea Rusiei la dezvoltarea științei și tehnicii. Dezvoltarea și înființarea de noi manufacturi (la sfîrșitul domniei lui Petru în Rusia se numărau 220 de manufacturi), creșterea producției de fontă, de cupru, marile construcții navale, țesătoriile și tăbăcăriile reclamau cunoștințe de tot felul. Petru a invitat savanți din marile capitale europene, dîndu-le condiții de cercetare și viață pe care nu le puteau avea niciunde. El a consultat cele mai mari somități ale lumii științifice, și printre ele pe Isaac Newton, în recrutarea tinerilor savanți pentru Rusia.

Deși condițiile interne erau încă defavorabile unei descătușări a energiilor creatoare — șerbia ținea departe de lumina culturii și științei majoritatea poporului — totuși unele din cele mai puternice talente își croiră drum pînă la culmile culturii universale ale epocii.

Lomonosov era unul din aceste talente. El avea să întemeieze tradiția cercetării chimice ruse, care va culmina în secolul al XIX-lea prin Mendeleev și Butlerov.

Un fiu de pescar: Lomonosov (1711 - 1765)

Cu Mihail Vasilievici Lomonosov începe afirmarea pe plan mondial a geniului rus în cercetarea științifică. Uriașa energie desfășurată de acest fiu de pescar, originalitatea și multilateralitatea creației sale științifice și artistice, îndrăzneala cu care a atacat problemele majore ale epocii și perseverența luptei sale pentru o cultură rusă îl caracterizează pe omul care, folosind retorta și balanța, a descoperit una din legile fundamentale ale naturii.

Lomonosov s-a născut în noiembrie 1711, în satul Mișehonskaia, aproape de Holmogorî, la 70 de kilometri de Arhanghelsk. De la vîrsta de 10 ani el îl însoțește pe tatăl său în expedițiile de pescuit, pe mare. Pescarul de la nord încurajează pasiunea copilului său pentru învățătură. În nopțile nesfîrșite ale nordului, Lomonosov învață geometria și aritmetica după manualele aduse de tatăl său de la oraș. Grandiosul fenomen al aurorei boreale, viața animalelor marine, extragerea sării din apă prin înghețare și evaporare repetată, tehnica pescuitului — toate acestea stîrneau interesul și curiozitatea copilului.

La școala din Holmogorî n-a fost primit, nefiind fiu de nobil. La 19 ani hotărăște să plece la învățătură la Moscova. Pentru a ajunge în capitală, el însoțește un convoi de căruțe cu pește. Își ascunde originea țărănească, ajungînd astfel să fie admis ca elev al Academiei slavo-greco-latine.

Tînărul Lomonosov are o statură atletică. Trăiește cu trei copeici pe zi și învață cu o îndîrjire alimentată de ironiile și batjocura colegilor săi de școală, fii de nobili. După cinci ani de studii la Academia slavo-greco-latină, Lomonosov izbutește să pătrundă la Academia de Științe din Petersburg. Studenții acestei academii (proiectată de Petru I și inaugurată după moartea acestuia, în anul 1725) erau absolvenții gimnaziului pentru nobili. Or, numărul de absolvenți ai acestui gimnaziu era prea mic. Și astfel, Lomonosov fu admis la Academia de Științe. Fiind unul dintre cei mai străluciți studenți, este trimis pe cheltuiala statului în Germania, pentru desăvîrșirea studiilor. La Marburg și la Freiburg, Lomonosov vine în contact cu savanții Europei. Învață chimia, metalurgia, arta mineritului și matematica. Se întoarce în 1741 în Rusia și este numit profesor și apoi academician. Este primul academician rus al Academiei de Științe a Rusiei, în care, pînă la el, pătrunseseră numai străini. Este adevărat că printre academicienii de la Petersburg se găseau oameni ca Euler și Bernoulli, pionieri ai științei mondiale, dar majoritatea academicienilor străini era ostilă Rusiei și urmărea înăbușirea culturii ruse, pe linia încercării de a permanentiza influența germană în politica țarilor ruși. Lomonosov își desfășoară activitatea creatoare în atmosfera unor intrigi perfide.

Toată opera acestui mare savant poartă amprenta încrederii în forțele poporului din care s-a născut.

Cu aceeași sete și pasiune cu care și-a însușit știința epocii, Lomonosov atacă rînd pe rînd problemele practice și teoretice care-și cereau rezolvarea. Poate că lipsa unei tradiții alchimice în Rusia a contribuit la rapida dezvoltare a chimiei ruse. În orice caz, laboratorul pe care-l înființează Lomonosov în 1748 la Academia de Științe este un adevărat atelier unde — așa cum cerea Fr. Bacon — „zgomotul lucrărilor noi și al produselor viitoare răsună pretutindeni"[1].

Era un laborator cu nimic mai prejos de cele din Londra sau Berlin, Paris sau Stockholm.

Lomonosov cunoștea toată aparatura de laborator folosită în lume și inventa el însuși aparate noi, mai bune decît cele existente. Sensibilitatea și precizia balanței pe care o folosea el nu era depășită în nici un laborator european. Încercînd să combine chimia, fizica și geometria[2], Lomonosov construiește

[1] Francis Bacon, *op. cit.*, XC, p. 77.

[2] Predă studenților săi, primul în lume, un curs de chimie fizică. Publică, la începutul carierei sale de cercetător, cartea *Elementele chimiei matematice*.

o serie de aparate de determinare a proprietăților fizice ale substanțelor. Astfel, lucrează timp de 10 ani (1752—1762) la perfecționarea unui instrument optic pentru determinarea indicelui de refracție. Cu acest aparat el efectuează, începînd din 1757, „experiențe referitoare la refracția în lichide". Unul dintre primele viscozimetre a fost inventat de Lomonosov.

Problemele puse de industria rusă în dezvoltare sînt nenumărate. Se deschid mine noi în Urali, în Karelia, în regiunea Voronejului și dincolo de lacul Baikal. Dezvoltarea mineritului și a producției metalurgice este însoțită de dezvoltarea tuturor celorlalte industrii. Iau ființă pe întinderea Rusiei manufacturi de sticlă, piele, mori de hîrtie, pulberării, fabrici de piatră vînătă și pucioasă din pirite, fabrici de „apă tare" (acid azotic). Compoziția minereurilor, rețete de fabricat sticlă, rețete de porțelan, de praf de pușcă, de vopsele sînt tot atîtea probleme de chimie. Lomonosov le îmbrățișează pe toate. Numai pentru a ajunge la o compoziție potrivită pentru smaltul de mozaic, Lomonosov face 2 184 de experiențe cu pulbere de sticlă.

Cultura enciclopedică și măiestria de experimentator a lui Lomonosov, precum și uriașa lui pasiune pentru cercetarea fenomenelor naturale trebuiau să-l ducă la mari descoperiri și invenții. Și a descoperit și inovat, într-adevăr, în toate domeniile științei și tehnicii epocii sale: astronomie, geologie, geografie, nautică, construcția de aparate.

Pușkin spunea despre el:

„Lomonosov, omul care întrunea o voință fără pereche și o putere de înțelegere ieșită din comun, a îmbrățișat toate ramurile cunoștințelor. O adevărată sete de știință era pasiunea cea mai violentă a acestui suflet înflăcărat. Istoric, retor, fizician, chimist, mineralog, artist și poet, el a încercat totul, a conceput totul"[1].

În chimie Lomonosov a conceput, pe bazele ferme ale experienței precise, și a dat pentru prima oară expresie unei legi fundamentale a materiei: conservarea masei.

O lege fundamentală

Dacă Boyle poate fi considerat descoperitorul experienței chimice, Lomonosov este cel care a folosit-o în mod magistral pentru a demonstra o lege fundamentală. În urma lui, aveau să pășească pe aceeași cale, Lavoisier,

[1] A. S. Pușkin, *Opere complete*, vol. VII., Moscova — Leningrad, 1949, p. 614.

Gay Lussac, Dalton, Faraday, generații de chimiști. El a făcut-o pentru prima dată. Pentru prima dată, în opera lui Lomonosov, o cucerire teoretică în domeniul chimiei, dar care depășește limitele chimiei, este fundamentată direct pe o experiență tipic chimică.

Experiența făcută de Lomonosov în 1756 pentru demonstrarea conservării masei pornește de la aceleași elemente ca și experiența lui Boyle. Aceasta tocmai pentru a ilustra ceea ce este greșit la „vestitul Boyle", pentru a învedera unde este ruptura dintre faptele experimentale și raționamentul savantului englez. Lomonosov ajunsese — desigur, pe baza întregii sale practici experimentale — la convingerea, exprimată de altfel încă în anul 1748, la 5 iulie, în scrisoarea sa către Euler și reluată în lucrarea: *Reflecții cu privire la starea solidă și lichidă a corpurilor*:

„Toate schimbările care au loc în natură sînt asemenea stări, încît, atît cît se ia de la un corp, tot atît se adaugă altuia. Astfel cîtă substanță pierde un corp, cu tot atîta substanță sporește celălalt. Această lege universală a naturii se întinde și asupra regulilor mișcării, deoarece un corp care mișcă cu puterea sa un alt corp, pierde de la sine tot atît cît imprimă celuilalt corp care primește mișcarea de la el"[1].

Trebuia însă demonstrat experimental acest adevăr, și anume printr-o experiență la îndemîna tuturor, ușor de reprodus. Și pentru a înlătura orice dubiu, trebuia pornit de la o experiență cunoscută, dar realizată în condiții care să pună în evidență falsitatea unei legi și adevărul alteia.

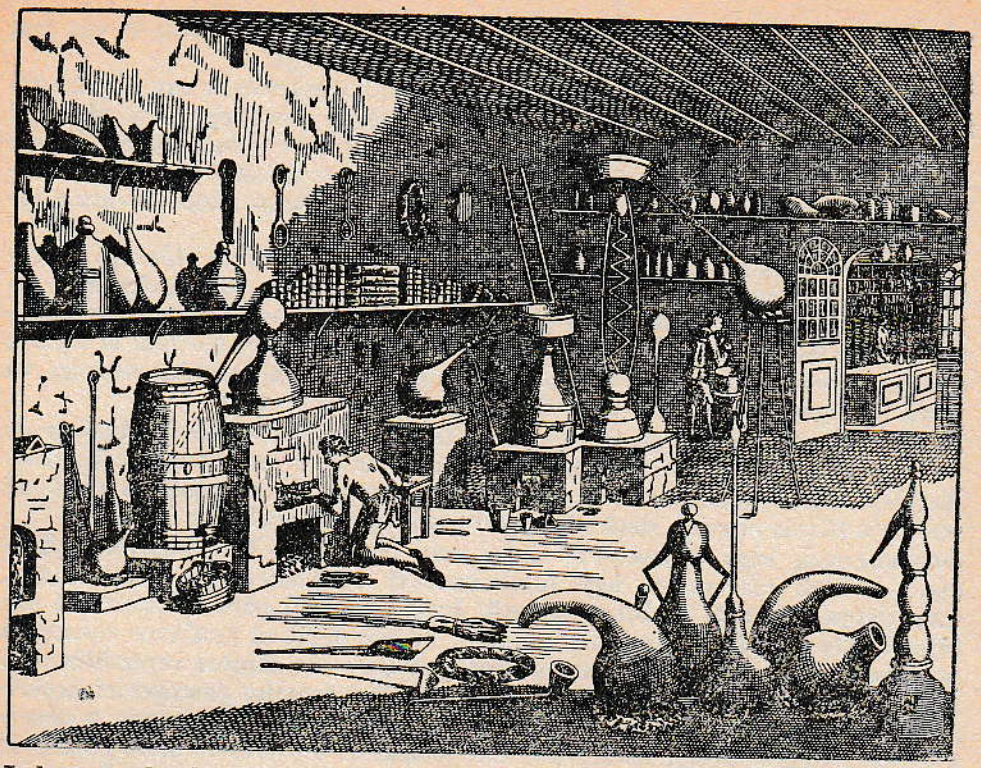
În 1630, chimistul francez Jean Rey încălzea, în retorte de sticlă închise, zinc și plumb pînă la calcinare (adică pînă la obținerea oxizilor). Deschidea apoi retorta și — după răcire — cîntărea din nou. Constata creșterea greutății și trăgea concluzia că „varul de metal" (oxidul) absoarbe aer.

Robert Boyle refăcuse aceeași experiență, o condusese la fel și interpretase creșterea greutății prin intervenția focului care îngreuiază metalul.

Lomonosov reia experiența. Introduce într-o retortă plumb, în altă retortă staniu. Cîntărește cu grijă maximă retortele fără metal; apoi retortele cu metal. Asistenții lui consemnează cu grijă rezultatele cîntăririi. Închide apoi retortele la flacără, asigurînd izolarea completă a interiorului retortei de aerul exterior. Pune retortele la încălzit. Încălzește pînă la topirea metalului și, mai departe, cu grijă, pînă cînd metalul se preface în „varul" lui. Pînă aici totul a decurs ca în experiențele lui Rey și ale lui Boyle. De aici începe însă deosebirea. Lomonosov lasă retortele închise să se răcească și apoi le cîntărește, așa închise cum erau. Aici greșise Boyle. Aproape nu-ți vine să crezi că Boyle putea comite o asemenea greșeală. Tocmai el, care făcuse un dispozitiv de comprimare a aerului, el care descoperise legea variației presiunii gazelor cu volumul. Boyle greșea pentru că era prea stăpînit de prejudecata existenței elementului „caloric", fluid pe care-l admitea orice fizician al vremii pentru a explica trecerea căldurii de la un corp la altul. Experiența pe care o făcea Boyle era, deci, un fel de cîntărire a caloricului. Ideea falsă conducea mîna experimentatorului.

Lomonosov nu crede însă în existența caloricului și nici în „flogiston". Pentru el nu există elementul „frig" și elementul „cald". Concepția termogenilor (născători de căldură) și criogenilor (născători de frig) i se părea ridicolă. Fizicianul Lomonosov era convins de inexistența caloricului, căl-

[1] *Istoria filozofiei*, vol. I, p. 424.



Laborator de chimie în 1747

dura fiind, după el — așa cum a confirmat fizica veacului al XIX-lea — efectul mișcării moleculelor. Căci, spre deosebire de savanții vremii, și cu o sută de ani înainte de triumful definitiv al teoriei corpusculare (atomo-moleculare) a materiei, Lomonosov elaborase „filozofia corpusculelor".
El și-a dezvoltat concepția corpusculară în *Elemente de chimie matematică* și într-o lucrare destinată în mod special acestui subiect: „Despre particulele fizice insensibile ale corpurilor din natură".
Bazîndu-se pe toate datele experimentale obținute de predecesori și de el însuși, Lomonosov a dezvoltat teoriile atomiste ale anticilor, susținînd că substanțele simple se compun din particule materiale foarte mici, pe care le numește „elemente", și corpurile compuse din particule mai complexe, „corpuscule".
„Corpusculele" lui Lomonosov sînt moleculele, iar „elementele" lui, atomii[1].
Lomonosov și-a publicat în timpul vieții sale lucrarea despre „particulele fizice insensibile". El a ezitat să publice „filozofia corpusculelor" pe care o concepuse, considerînd că „...s-ar putea să pară că dau științei fructul

[1] „Lomonosov poate fi numit primul chimist-fizician autentic, deoarece el privea chimia din punctul de vedere al fizicii și matematicii; ideile lui erau cu cel puțin o sută de ani înaintea timpului său. Aceasta este adevărat în special în legătură cu teoria lui despre atomi și molecule" (F .I. M o o r e, *A History of Chemistry* (O istorie a chimiei), New York, 1939 p. 62.

necopt al unei gîndiri premature dacă voi expune concepții noi, în cea mai mare parte opuse celor recunoscute de oameni vestiți".

„În primul rînd, eu am dovedit că focul elementar aristotelic sau, după cum îl numesc noii învățați, materia calorică specială, care, trecînd și rătăcind din corp în corp, vagabondează fără nici o cauză bine determinată, nu este decît o născocire și totodată am susținut că focul și căldura se produc datorită mișcării de rotație a particulelor și mai ales a însăși materiei care alcătuiește corpurile"[1].

Înarmat cu o astfel de concepție despre substanțe și despre căldură, fizicochimistul Lomonosov nu mai repetă greșeala lui Boyle. El nu deschide retortele după calcinare, mai ales că este convins că arderea corpurilor, calcinarea metalelor, este de fapt o combinare a lor cu aerul; că metalul ia o parte din aerul retortei pentru a deveni „var". Și dacă se va deschide retorta, va intra din exterior aer nou care să ia locul celui consumat.

Rezultatul cîntăririi după reacție este identic cu cel al cîntăririi înainte de reacție. Plumbul dintr-o retortă, staniul din cealaltă retortă s-au schimbat. Metalele s-au transformat în „var". Dar masa totală dinainte și de după reacție a rămas aceeași, dacă nu s-a admis intrarea aerului în retortă.

Demonstrația legii conservării masei este riguroasă. Exprimarea legii — clară și fără echivoc. O lege fundamentală a chimiei este demonstrată. Experiența este atît de bine condusă, încît adevărul pare că izvorăște din retortă. De fapt însă „luminile retortei" nu fac decît să confirme concepția preexistentă — sub forma unei ipoteze geniale — în mintea cercetătorului. Aceasta este o caracteristică destul de generală a marilor descoperiri experimentale. Un adevăr care reprezintă esența a nenumărate fenomene, a observațiilor și experiențelor anterioare, este sesizat de o minte cu mare putere de generalizare. O dată sesizat adevărul, dacă gînditorul întrunește și însușirile experimentatorului, el alege experiența și condițiile conducerii ei, astfel ca răspunsul să nu poată decît infirma sau confirma. În această putere de generalizare și sinteză și în curajul și inteligența alegerii experienței celei mai simple și decisive se manifestă geniul omului de știință.

Cu 17 ani mai tîrziu, în 1774, Lavoisier va relua experiența lui Boyle pentru a ajunge la aceeași concluzie cu Lomonosov.

„Această lege (a conservării masei — *N.A.*) a fost dovedită de Lomonosov în anul 1756 și de Lavoisier în 1774" arată și T.M. Lowray și A.C. Cavell[2]. Importanța descoperirii lui Lomonosov depășește cadrul chimiei și al fizicii. Un principiu esențial al filozofiei materialiste — care ne învață că materia nu poate fi creată și nici distrusă — capătă o fundamentare experimentală. Formularea genială dată de Lomonosov legii conservării, ca lege a conservării masei și mișcării (energiei), înseamnă exprimarea ideii dialectice a unității dintre materie și mișcare. Savantul, filozoful și poetul Lomonosov depășește astfel granițele mecaniciste ale gîndirii epocii sale.

[1] M. V. Lomonosov, *Texte filozofice*, Editura Academiei R.P.R., București, 1955, p. 134.

[2] T. M. Lowray și A. C. Cavell, *Intermediate Chemistry*, London, 1942, p. 3. Prioritatea lui Lomonosov în descoperirea legii conservării este subliniată de cei mai competenți cercetători occidentali ai istoriei chimiei. Vezi, de exemplu: L.J. Olmer, *Les étapes de la chimie (Etapele chimiei)*, Presses Universitaires de France, pp. 26—27 și F. I. Moore, *op. cit.*, p. 62.

Cu multe decenii după istorica experiență a lui Lomonosov, cînd practica producției industriale și tehnica experimentală au făcut necesare și posibile experiențe noi, precise, în legătură cu variațiile cantitative și transformările calitative ale diferitelor forme de energie, principiul conservării își va găsi demonstrația experimentală nu numai în legătură cu masa, ci și cu energia.

Exprimînd legea conservării masei și mișcării și demonstrînd cu balanța în mînă legea conservării masei, Lomonosov a indicat calea pe care știința avea să meargă după el. Principiul conservării masei și energiei stă și astăzi la baza fizicii și chimiei. Fără el, n-ar rămîne nimic inteligibil din uriașul material al științei actuale. Fecunditatea lui este inepuizabilă.

Prin demonstrarea principiului conservării masei, Lomonosov l-a anticipat cu 17 ani pe Lavoisier; prin intuirea și exprimarea fără echivoc a legii conservării mișcării, Lomonosov a anticipat o descoperire ce avea să se concretizeze o sută de ani după el.

XI. Măiestria experimentală

Anii Revoluției Franceze și ai războiului american pentru independență au fost precedați de o îndelungată perioadă istorică, în care activitatea industrială și comercială, politică și intelectuală pregătea o transformare radicală a societății, scoțînd la iveală oameni noi, idei noi. Pretutindeni, în aceste decenii prerevoluționare, bătea vîntul gîndirii îndrăznețe.

Jonathan Swift (1767—1745) ardea cu șfichiul ironiei și sarcasmului rînduielile unei societăți pline de contradicții, în care viciile aristocrației se întîlneau cu cele noi ale burgheziei.

Scoțianul Adam Smith (1623—1790) făcea cercetările sale asupra „naturii și cauzelor avuției umane", arătînd că munca este izvorul oricărei avuții și proclamînd „sfintele drepturi" ale comerțului liber și ale concurenței nelimitate.

În Franța, François-Marie Arouet Voltaire (1694—1778), Charles Louis Montesquieu (1689—1755), Jean-Jacques Rousseau (1712—1778) însămînțau în terenul prielnic al veacului lor idei noi.

Filozofii materialiști francezi în frunte cu Denis Diderot (1713—1784), Jean D'Alembert (1717—1783), Claude-Adrien Helvétius (1715—1771) elaborau uriașa lucrare *Enciclopedia*[1] și atacau toate dogmele înghețate, toate prejudecățile, toate superstițiile, pe care se bizuia absolutismul feudal. Atotputernicia bisericii se clătina.

Autodidactul Benjamin Franklin (1706—1790) se ocupă cu pasiune de electricitate și de problemele politice ale epocii. El luptă și cu arma cercetării științifice și cu arma de foc împotriva vechiului.

Este epoca în care electricitatea este cercetată și în Italia, și în Franța, și în America, și în Rusia, și în Anglia.

Savanții care au servit Revoluția Franceză vor cere puterii politice să consfințească o revoluție în lumea măsurilor și măsurărilor. O asemenea revoluție este cerută de știință, în primul rînd, dar ea va servi și comerțului și industriei. Sigură de ea, știința epocii își propunea să schimbe străvechile sisteme de măsurare, să sfarme granițele feudale care persistau în lumea măsurilor, să internaționalizeze măsurile.

Problema preciziei era la ordinea zilei. Ea era pusă de construcția de mașini, în primul rînd. Mașini de țesut, de tors, strungurile cu suport, mașinile de găurit luau locul uneltelor manuale. Problema îmbinării pieselor devine o

[1] *Enciclopedia științei, artelor și meșteșugurilor* (1751—1780).

problemă esențială. Perfecționarea mașinii cu abur era, la urma urmei, o problemă de precizie a prelucrării pistoanelor și cilindrilor.
Mecanica pămîntească și cerească a lui Galilei și Newton deschisese largi perspective gîndirii științifice și practicii. Savanții măsurau viteza luminii, distanțele dintre aștri, arce de meridian. Constructori de mașini măsurau cu precizie mereu crescîndă dimensiunile pieselor.
În 1774, John Wilkinson (1724—1808), meșter oțelar, obține un patent pentru țevi de tun, calibrate cu o precizie mult superioară față de țevile fabricate pînă atunci. Acest patent este folosit de James Watt pentru cilindrii de pompă la mașina lui cu abur.
În 1772, James Watt construiește primul micrometru propriu-zis. Cu acest micrometru el izbutea să măsoare cu precizie de sutime de milimetru (exprimat în unități metrice — *N.A.*) și mai mult. Era o adevărată performanță pentru veacul al XVIII-lea.
Secolul al XVIII-lea devine un secol al măsurărilor științifice și tehnice. Cercetătorii urmau îndemnul creatorului mecanicii pămîntești, Galileo Galilei: „Să măsurăm ceea ce este măsurabil, și să facem măsurabile cele ce încă nu-s".
După ce fusese inventată în 1760 de englezul John Mitchell, inginerul militar francez Coulomb reinventează în 1784 balanța de torsiune, instrument delicat alcătuit dintr-o ușoară bară metalică orizontală suspendată de un fir subțire. Acest minuscul instrument îl duce la descoperirea — pe cale experimentală — a legilor esențiale ale cîmpului magnetic și electric.
Măsurarea devine condiția cercetării științifice.
Lupta pentru precizie devenea preludiul oricărei noi cercetări. Pînă și în concepția unui filozof idealist ca David Hume își făcea loc convingerea că fără măsurare nu se poate ajunge la adevăr: „Ceea ce nu se poate cîntări, măsura și număra este operă oarbă a iadului. Arunc-o în foc, căci din ea nu pot izvorî decît amăgiri sofistice" *(Cercetare asupra rațiunii umane,* Edinburg, 1748).
Pe acest fond al epocii, se conturează tot mai limpede ideea determinării cantitative, condiție esențială a cercetării chimice. Laboratoarele de chimie se dotează cu instrumente de măsurare a temperaturii, a presiunii, a volumului. Se gradează vasele de laborator.
În 1787, chimistul William Nicholson inventează areometrul cu greutăți pentru măsurarea precisă a densității lichidelor, pe domenii largi de valori. Pompa de vid își face loc în laboratorul de chimie. Și astfel, cu ajutorul unor baloane atent calibrate, și cu balanța de precizie, va fi posibil să se determine densitatea gazelor, mijloc fizic de diferențiere a gazelor.
În laboratoarele de chimie ale marilor orașe europene se efectuează experiențe analitice cantitative. Măiestria experimentală în chimie este fiica celei de-a doua jumătăți a secolului al XVIII-lea.
Predecesorii și contemporanii lui Lavoisier, folosind instrumentele de măsurat și desăvîrșind metodele experimentale, au pregătit acel material pe care geniul lui Lavoisier l-a sistematizat, transmițînd secolului al XIX-lea un adevărat „tratat de chimie".
Englezii Joseph Priestley și Henry Cavendish, francezul Claude Berthollet, rusul I.T. Lovițși suedezul Karl Wilhelm Scheele sînt maeștrii chimiei experimentale în perioada lui Lavoisier. Acestea nu sînt însă singurele nume de experimentatori talentați, deschizători de drumuri, din a doua

jumătate a secolului al XVIII-lea. Este suficient să amintim că, în aceeași epocă, lucrează chimistul italian Alessandro Volta, a cărui pilă va revoluționa cercetarea fizică și chimică, germanii Karl Friedrich Wenzel și Jeremias Benjamin Richter, care au dovedit pe cale experimentală că acizii și bazele se combină în proporții cantitativ determinate, academicianul rus M.H. Klaprot, care descoperă mineralul de zirconiu și — în pechblenda din Urali — oxidul de uraniu (1790) și îmbunătățește alcalimetria.

Priestley și „tipurile de aer"

Joseph Priestley se naște în martie 1733, în Anglia. Laboratorul de chimie este pasiunea, dar nu și profesiunea lui. El este teolog, predicator al independenților, prin anul 1755, — un teolog sui-generis, care acuză răspicat biserica oficială, ca fiind dușmana adevărului, un teolog care consideră că „omul este în întregime material", care apără cu înverșunare teoria necesității naturale, care consideră că lupta împotriva tiraniei — mergînd pînă la răscoală — nu este numai un drept, ci și o obligație a unui adevărat patriot. „Pentru Priestley — spune Marx — deismul era o formă comodă și ușoară de a scăpa de religie". Acest teolog-chimist este și cel mai de seamă materialist al Angliei și Americii din secolul al XVIII-lea.

Prin anul 1761 îl găsim profesor de arte frumoase la Warrington. În 1768 este pastorul unei secte religioase, iar în 1770 bibliotecar al lordului Shelburn la Paris. În acest an își începe Lavoisier activitatea experimentală. Este mai mult decît probabil că cei doi pasionați ai experienței chimice s-au întîlnit și că soția lui Lavoisier a fost tălmaciul lor. În orice caz, își scriau, comunicîndu-și rezultatele cercetărilor. Vorbeau nu numai limbi diferite, ci foloseau și un limbaj chimic diferit.

În anul 1780, Priestley este din nou pastor la Birmingham.

În toată această perioadă lucrează în laboratorul lui de chimie, scrie lucrări filozofice, de istorie a religiei și științei, luptînd cu pana și cuvîntul viu pentru adevărul științific și progresul social.

Pe vremea lui Priestley, atitudinea față de Revoluția Franceză era cel mai sensibil și mai precis indicator al poziției înaintate sau retrograde a filozofilor și oamenilor de stat. Unii o aprobau pe jumătate, alții se temeau de ea, unii o urau de moarte, iar alții o înțelegeau și o iubeau.

Gînditor democrat, progresist, Priestley devine unul dintre membrii de frunte ai Asociației prietenilor Revoluției Franceze. Este prigonit pentru ideile sale înaintate, iar în 1791, cînd în casa lui se sărbătorește aniversarea căderii Bastiliei, o ceată de reacționari îi devastează locuința, biblioteca și laboratorul, sub privirile aprobatoare și cu concursul direct al autorităților și clerului local. „Argumentul" bîtei și focului nu-i schimbă convingerile. Prin anul 1793, în vîrstă de 60 de ani, este nevoit să-și părăsească țara și emigrează în America. În 1794 îl găsim la Northumberland în Pennsylvania, unde își continuă cercetările experimentale și activitatea publicistică, pusă în slujba convingerilor sale materialiste și exprimînd încrederea în viitorul luminos al societății.

Moare la Philadelphia în anul 1804, după o viață zbuciumată. Interesante sînt titlurile lucrărilor științifice lăsate de Priestley: *Istoria și starea actuală a electricității* (1767); *Istoria și starea actuală a descoperirilor cu privire la vedere, lumină și culori* (1772). Nevoia urmăririi istorice a subiectului, caracteristică pentru cercetarea științifică, își găsește expresia în aceste titluri. Priestley și-a închinat cea mai mare parte din neobosita lui activitate experiențelor de chimie. În fața cuptorului, a retortelor și eprubetelor, scrutînd flăcările și reacțiile dintre substanțe, concepînd aparate ingenioase pentru surprinderea unor fenomene și substanțe necunoscute, el ajunge la o concepție atît de clară despre legătura dintre experiență și cunoaștere, încît se poate subscrie și astăzi la multe din ideile sale. „Teoria și experimentul merg inevitabil mînă în mînă, orice mișcare înainte fiind legată de adoptarea unei anumite ipoteze speciale, care reprezintă numai o prezumție cu privire la împrejurările sau cauzele unei anumite acțiuni a naturii. Prin urmare, experimentatorii cei mai îndrăzneți și cei mai originali sînt aceia care, dînd frîu liber imaginației, admit îmbinarea ideilor celor mai îndepărtate între ele. Și deși mai tîrziu, unele din aceste idei se vor dovedi absurde și fantastice, altele pot duce la descoperirile cele mai mari și mai importante..."

„Ipotezele, dacă sînt considerate numai ca atare, îi duc pe oameni la diferite experimente pentru a face mai precise aceste ipoteze. Din aceste experimente decurg în general fapte noi. Aceste fapte noi contribuie la corectarea ipotezei care a constituit un impuls spre descoperirea lor. Teoria astfel corijată contribuie la descoperirea unui mare număr de fapte noi, care, ca și înainte, fac teoria și mai apropiată de adevăr"[1].

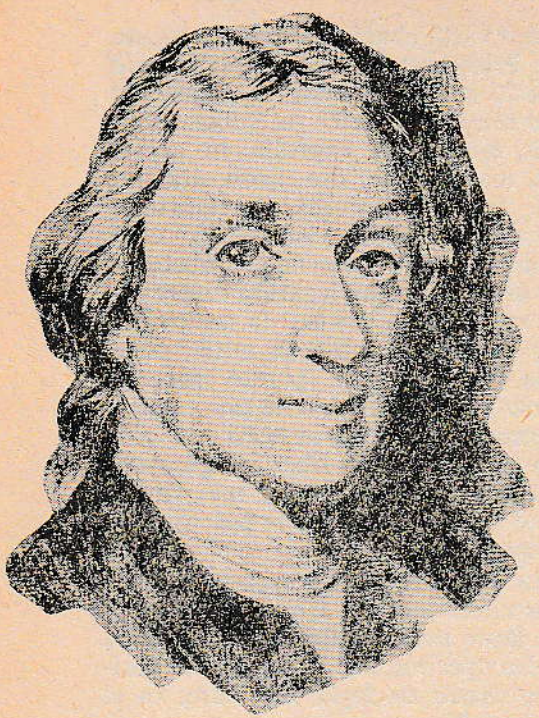
Cartea în care își găsesc loc descrierile celor mai importante experiențe de chimie ale lui Priestley este intitulată *Observații asupra diferitelor tipuri de aer* (1774).

„Tipuri de aer" sînt corpurile pe care le descoperă Priestley. Termenul — după cum se vede — este denumirea generică pentru gaz. Traducînd în limbaj actual cuvintele lui Priestley, am spune simplu: gaze.

An de an, Priestley, explorînd aerul atmosferic, cu metode din care nu lipsește măsurarea, descoperea noi „tipuri" de aer. Cu primul tip de aer se întîlnește însă Priestley cu prilejul unor experiențe asupra acidului azotic. Era în anul 1771. Priestley încearcă să descompună salpetrul. Îl încălzește într-o țeavă de pușcă și captează gazele produse. Descoperă astfel un gaz care face să ardă mai bine o lumînare, un „tip" de aer foarte respirabil. Îl numește aer deflogisticat, după concepția flogisticului[2] pe care n-o va

[1] J. Priestley, *Opere alese*, p. 279, citat după *Istoria filozofiei*, vol. I, pp. 528—529.

[2] Trebuind să explice rolul aerului în combustie, Priestley completează teoria flogistică ducînd-o pînă la deformare totală. Teoria combustiei — în lumina flogistonului — nu presupunea contribuția aerului la procesele de ardere. Faptele experimentale dovedeau însă, în mod incontestabil (experiențele lui Rey, Boyle, Priestley), că aerul concură la combustie. Pentru a explica aceste rezultate experimentale, Priestley elaborează ideea de gaz deflogisticat și gaz saturat cu flogiston. Gazul deflogisticat este avid de flogiston; el ajută deci corpul să ardă, preluîndu-i cu ușurință flogistonul. Gazul saturat de flogiston nu mai este în stare să primească flogiston suplimentar; el nu poate întreține arderea, ci, dimpotrivă, o face imposibilă. Aerul este alcătuit din două componente gazoase: una deflogisticată, care întreține focul (privit mereu ca degajare de flogiston), cealaltă saturată de flogiston, incapabilă



Joseph Priestley

părăsi pînă la moarte, cu toate că Lavoisier va duce o luptă necruțătoare împotriva acestui cuvînt și a concepției pe care o exprimă. Priestley descoperea oxigenul, dar nu știa că deschide astfel o nouă pagină în istoria chimiei. Lavoisier va fi conștient că în această descoperire se găsește „antipodul real al flogisticului imaginar" (Engels). Înainte de a se fi ocupat de gazul de salpetru, în anul 1771, Priestley făcuse o observație interesantă asupra aerului. Aerul „viciat" de șoareci ținuți în spațiu închis, deci aerul din care s-a consumat partea respirabilă, devine din nou respirabil, dacă în același spațiu închis se pun plante verzi. Fenomenul va fi explicat în 1779 de Ingenhousz, care avea să descopere fenomenul asimilației de către plante a bioxidului de carbon, cu producerea oxigenului. Încălzind (în 1772) cupru și acid azotic (spirt de salpetru), Priestley obține un gaz pe care-l numește gaz de salpetru. Este, de fapt, oxidul de azot. Priestley, care cunoștea toate instrumentele interesante descoperite pînă la el, propune analiza eudiometrică a gazului descoperit. Eudiometrul fusese inventat în 1748 de către Stephen Hales. Era un tub închis la partea superioară, gradat, în interiorul căruia se putea produce o scînteie electrică cu ajutorul unei butelii de Leyda, descoperită la rîndul ei cu trei ani înainte (1745). Cavendish va face determinarea compoziției gazului descoperit de Priestley, mai tîrziu cu cîțiva ani (1784), folosind tocmai instrumentul preconizat de Priestley.

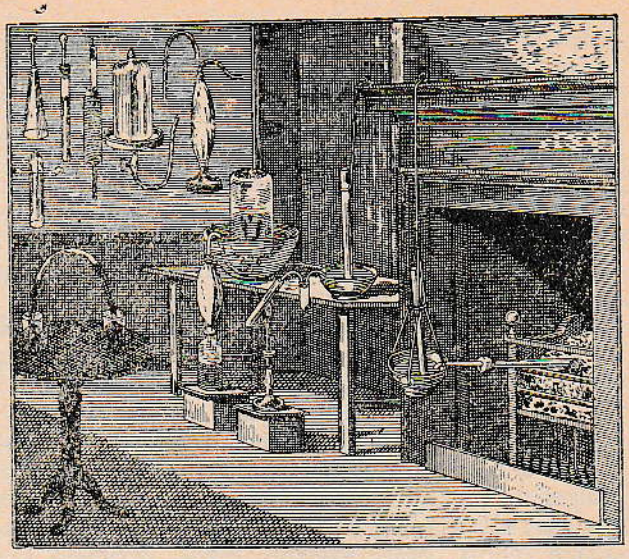
În 1774, Priestley folosește pentru prima oară (o dată cu Cavendish) la captarea gazelor, ca lichid de închidere mercurul. Aceasta îi va da posibilitatea realizării unor experiențe cantitative din care va fi exclusă eroarea datorită dizolvării gazelor în apă. Aceasta îi va permite să obțină pentru a doua oară aer deflogisticat (oxigen), de astă dată din oxid roșu de mercur. Tot peste mercur — drept lichid de închidere — captează amoniacul, gaz pe care-l prepară în același an din salmiac (clorură de amoniu).

În 1775, operînd asupra unui amestec de „aer deflogisticat" și hidrogen (descoperit de Cavendish), el descoperă gazul detonant. Culege peste mercur

să întrețină focul. Nu era deci suficient ca substanța să aibă flogiston și s-o încălzești ca să-și dea flogistonul prin flacără, să ardă. Mai era nevoie de un corp în stare să preia acest flogiston. Teoria se complica și mai rău, cînd își propunea să explice de ce corpul care pierde flogistonul, arzînd devine totuși mai greu. Se admitea ipoteza greutății „negative" a flogistonului.

Teoria flogistonului nu mai putea cuprinde fenomenele descoperite pe baza ei.

Laboratorul lui Priestley >



tot felul de gaze: spirt de sare (acid clorhidric) gazos, bioxid de sulf gazos, acid fluorhidric gazos.

Gazele devin preocuparea unică a lui Priestley. În 1776, tratînd pilitură de fier cu acid azotic, el prepară alt „tip" de aer. Este vorba despre oxidul nitros (N_2O), un gaz cu miros plăcut și ciudat. Cu doi ani mai tîrziu, observă și descrie vaporii roșii ce se produc la contactul cu aerul al oxidului de azot și stabilește proprietățile acide ale acestor vapori.

În 1778 se ocupă de absorbția gazelor și stabilește că un volum de apă absoarbe același volum de gaz silvestru (bioxid de carbon).

În sfîrșit, în 1799, reia experiențele lui Lassone (1776) și Lavoisier(1777) care preparaseră un nou tip de gaz (este vorba de teribilul oxid de carbon). Cu măiestria lui, folosind utilajul de separare și închidere a gazelor pe care-l mînuiește cu dexteritate unică, Priestley prepară acest gaz în stare pură. Probabil că șoarecii folosiți ca reactivi pentru oxigen, înainte de a fi descoperit oxidul de azot, i-au servit pentru a încerca puterea toxică a acestui „tip de aer", care devine periculos la o concentrație de o parte la 30 000 de părți amestec și mortal la o concentrație de $6^0/_{00}$.

Henry Cavendish (1731–1810)

Englezii au dat numele lui Cavendish laboratorului de chimie fizică al Universității din Cambridge. Și pe drept cuvînt. Ceea ce caracterizează activitatea acestui experimentator este măsurarea proprietăților fizice aplicată la studiul substanțelor chimice. Pe acest drum se află, în fond, și chimia analitică actuală. Cu alte mijloace, evident, dar mergînd pe linia aceleiași idei fundamentale: măsurarea mărimilor caracteristice ale substanței înseamnă primul pas spre cunoașterea ei.

Această idee este inepuizabilă. Ea a deschis calea spre caracterizarea cantitativă a însușirilor substanțelor. Pentru chimie, pentru arta și știința prefacerii substanțelor, mai ales pentru practica experimentală, este esențial să determini cantitatea de substanță pe unitatea de volum. De această „constantă fizico-chimică" a substanței depind nenumărate alte însușiri. Cît de

limpede se exprimă prin ea — de pildă — unele deosebiri esențiale dintre mercur și apă sau eter. Ceea ce este valabil pentru lichide și solide este valabil și pentru gaze. Numai că aici metoda de determinare trebuie să fie mult mai delicată.

Paracelsus descoperise un gaz care arde cu ușurință în aer (hidrogenul); Priestley descoperise proprietatea lui de a face explozie în amestec cu aerul. Cavendish îl prepară (1766) din nou, nu ca Paracelsus din oțet și pilitură de fier, ci din spirt de sare (acid clorhidric) și fier, sau zinc, sau staniu, așa cum se prepară și astăzi hidrogenul. Îl culege peste mercur într-o cuvă specială, pe care o construiește anume pentru determinările cu gaze. Îi măsoară densitatea, cîntărind cu precizie maximă baloane cu hidrogen, aceleași baloane cu aer, și baloanele vidate cît se putea de bine la epoca lui. Constată astfel că acest gaz este mai ușor decît toate cele cunoscute. Cifra raportului între greutatea unui volum oarecare de hidrogen și greutatea aceluiași volum de aer — densitatea — va caracteriza hidrogenul.

Și mai departe. Împreună cu Watt, el face sinteza eudiometrică a apei (1781) „fulgerînd" un amestec de oxigen și hidrogen (denumirile acestor gaze sînt, desigur, altele în lucrările lui Cavendish, adept al teoriei flogistice) într-un spațiu închis, peste mercur, într-o eprubetă gradată cu pereți groși.

Sute de experiențe eudiometrice îl conduc la proporția în care hidrogenul cu oxigenul dau, ca unică substanță, apa. Sinteza apei demonstrează o serie de adevăruri, pe care numai experiența le putea dezvălui. Întîi: apa nu este un element. Poziția glorioasă de element chimic, constituent al materiei, pe care o atribuiau apei unii filozofi ai antichității elene și pe care încerca s-o demonstreze Van Helmont experimental, se prăbușește. Experiența spulberă o prejudecată de milenii. Apa este compusă din două gaze, unul care arde, și altul care întreține arderea. Acesta este un prim adevăr, pe care nici un argument aristotelian nu-l mai poate răsturna.

În al doilea rînd: compoziția apei este constantă. Pentru a se obține apă prin sinteză, trebuie combinate cele două gaze într-o proporție bine determinată.

Cu prilejul repetatelor experiențe eudiometrice, Cavendish observă — cînd folosește aer obișnuit în loc de „aer deflogisticat" (oxigen) — apariția gazului pe care chimiștii îl numeau spirt de salpetru (anhidrida acidului azotic). Așadar, gazele constituente ale aerului se pot combina între ele pentru a da „spirtul", ce se obține obișnuit din salpetru.

Ani de-a rîndul el nu va părăsi această temă a gazelor din aer. În 1784 va ajunge la concluzia că al doilea gaz component al aerului (azotul) este un corp simplu. O uluitoare mărturie a preciziei pe care o atinge acest virtuos al experienței este previziunea unui component al aerului, pe care nu izbutește să-l identifice Cavendish stabilise în 1783 conținutul de oxigen în aer la 27%. Cifra este cam mare, dar destul de apropiată de cea reală. În orice caz, cu mijloacele lui, nu putea să ajungă la o eroare mai mică. În 1785, Cavendish atacă problema analizei *totale* a aerului. Supune în eudiometru acțiunii prelungite a scînteilor electrice un amestec de aer și hidrogen în prezența leșiei de sodă caustică (leșia săpunarilor). Se formează astfel apă care trece în stare de picături, lăsînd mercurul să se urce în eprubeta gradată pentru a lua locul golului format prin dispariția oxigenului și hidrogenului gazos. Leșia absoarbe compușii nitroși formați. Trece apoi gazul rămas peste „ficat de sulf" (sulfură alcalină) pentru a absorbi tot restul de

oxigen în exces față de cel necesar pentru sinteza apei. El constată atunci, în toate experiențele, că rămîne o parte de aer neabsorbabilă și trage următoarea concluzie: „Dacă există vreo parte de „aer deflogisticat" care se deosebește de rest (de azot) și nu se poate preface în acid azotic, această parte nu depășește 1/120 din tot aerul".
Aici se vorbește, în fond, despre argon, despre gazele inerte, care, după mai mult de 100 de ani, vor fi descoperite pe baza unor determinări densimetrice de maximă precizie — de către cercetători englezi.
În anul 1767, Cavendish descoperă și sesizează importanța faptului că în apa saturată cu acid carbonic — se dizolvă carbonatul de calciu. Pe acest fenomen se bazează toate fenomenele carstice: peșterile calcaroase cu stalactitele și stalagmitele lor, dolinele și ponoarele — dintre care unele de neuitat ca, de pildă, cetățile Ponorului din Apusenii noștri — văile și cheile sălbatice ca cele ale Bicazului, ale Ialomicioarei, ale Ordîncușei.
Experiența chimică aruncă lumini noi peste fenomene naturale, de mult cunoscute, dar neînțelese.
Cercetările experimentale cu acidul carbonic l-au preocupat multă vreme. Îl obținea, în mod obișnuit, din calcar cu un acid. Dar analistul Cavendish constată, în 1766, că același gaz se producea și la fermentarea alcoolică. Observația o făcuseră și alții înaintea lui — ca, de pildă, François Dubois, care făcuse o apropiere între fenomenele de fermentație din domeniul biologic și cel ce se petrece cînd torni vitriol peste calcar — dar Cavendish folosește instrumentele analitice și dovedește pe cale experimentală identitatea dintre gazul de fermentație și cel obținut din calcar și acizi.
Ideea importanței determinărilor cantitative îl conduce pe Cavendish la folosirea celor mai fine instrumente de măsurat ale vremii, pentru rezolvarea problemelor experimentale.
În 1798, el aplică balanța de torsiune a lui Coulomb la determinarea densității pămîntului. Cifra obținută de el este 5,18, nu prea îndepărtată de cea actuală.
Cavendish, ca și Priestley, de altfel, ca și Boyle și Newton, era și fizician, și chimist. El s-a ocupat și de electricitate, descoperind pe cale experimentală — concomitent cu Priestley — că în interiorul unui corp încărcat electric, indiferent de forma sa, nu se exercită nici o forță electrică.
Prin Cavendish se deschide capitolul determinărilor fizico-chimice, mijloc de identificare a substanțelor și de cercetare a naturii.

Un experimentator din Petersburg ~ T.E. Lovit (1757~1804)

Tatăl lui T.E. Lovit era astronom și s-a instalat la Petersburg, împreună cu întreaga familie, în anul 1767. De la vîrsta de 10 ani, Lovit a fost educat în Rusia. Trimis să-și completeze studiile universitare în Germania, termină Universitatea la Göttingen, centrul chimiei germane pe vremea aceea, în anul 1784. În același an, este numit chimist al laboratorului „farmaciei imperiale principale". Trei ani mai tîrziu este admis ca membru co-

respondent al academiei petersburgheze, iar după alți trei ani (în 1790) profesor adjunct la catedra de chimie.
Loviț atacă un domeniu de cercetare prea puțin cunoscut pînă la el. Poate că severa iarnă de pe malurile nordice și zăpezile petersburgheze îl inspiră la căutarea virtuților frigului. Chimiștii lucrau, de obicei, la temperatura camerei sau la temperaturile înalte la care se fierbe, se calcinează, se sublimă. Efectul temperaturilor joase asupra substanțelor nu ar putea duce la descoperirea unor însușiri noi? Ideea este bogată în rezultate. În primul rînd, Loviț prepară tot felul de amestecuri răcitoare cu săruri și zăpadă sau gheață. Folosește clorura de calciu în amestec cu zăpada și ajunge, astfel, la temperaturi aproape de —50°C. Astfel devin posibile cristalizări rapide ale unor substanțe cu punct de congelare sub 0°C. Devine posibilă purificarea prin cristalizare repetată la rece, evitîndu-se evaporarea; devine posibilă punerea în evidență a unor însușiri necunoscute. Astfel el poate demonstra că, la temperaturi foarte joase, clorura de sodiu cristalizează cu apă.
Pe lîngă aceste cercetări la rece, chimistul petersburghez se ocupă de substanțe organice, de izolarea și purificarea lor.
În 1788, prin distilarea repetată a acidului acetic concentrat, peste pulbere de cărbune, obține pentru întîia oară acid acetic glacial, care este, de fapt, acidul acetic pur.
Pulberea de cărbune de lemn este puternic absorbantă. Descoperind în anul 1785 această proprietate, el o folosește la purificarea rachiului. Distilînd soluții de alcool etilic peste clorură de calciu topită, obține pentru întîia oară alcool absolut, fără apă. Îndepărtarea celor 4 procente de apă care însoțesc alcoolul rafinat obișnuit era o problemă grea. Rezolvînd-o, Loviț pune în mîna chimiștilor o substanță care va servi la nenumărate sinteze.
În 1792, Loviț separă glucoza din struguri.

Prodigiosul Scheele (1742~1786)

Despre suedezul Karl Wilhelm Scheele, francezul Dumas spunea: „Nu atingea un corp fără să facă o descoperire". Diversitatea substanțelor anorganice și organice pe care le separă și le identifică este cu totul neobișnuită pentru un singur om și pentru o viață atît de scurtă. Pe drept cuvînt Scheele este considerat drept unul dintre fondatorii chimiei analitice.
Iată-l ocupîndu-se de bioxidul de mangan. Încă din timpul lui Pliniu cel Bătrîn se cunoaște folosirea acestui mineral ca agent de decolorare a sticlei. Poartă numele de piroluzită, de la cuvintele grecești: *piros* = foc și *lio* = a dizolva. Scheele prepară pentru prima oară din piroluzită[1] oxigenul, pe care el îl botează „aerul empireal", alt nume pentru „aerul deflogisticat" al lui Priestley. Prin „digerarea" bioxidului de mangan cu spirt de sare (acid clorhidric) el obține un gaz verde pe care-l botează „spirtul sării deflogisticate".

[1] Scheele a mai preparat oxigen, înaintea lui Priestley, în același an (1771), din compuși oxigenați ai mercurului, dar și-a publicat descoperirea după Priestley.

Este vorba despre clor, pe care nici Lavoisier nu-l va considera element, ci va vedea în el un compus mai oxigenat al acidului clorhidric și-l va numi acid oximuriatic. Scheele bănuiește în piroluzită un metal și încearcă — fără succes — să-l izoleze.

În 1761 descompune tartrul de vin cu vitriol și obține acidul tartric. Pe baza acestei experiențe el trage concluzia că plantele s-ar putea descompune în mod sistematic în compuși chimici definiți. Este preludiul chimiei organice. Pe linia aceasta el pornește la studiul zahărului din plante și tratînd — în 1776 — zahărul cu acid azotic, obține un acid pe care-l numește acid zaharic. Mai tîrziu, acest corp va căpăta numele pe care-l are și astăzi: acid oxalic, ale cărui săruri se găsesc în cantități mari în măcriș (sare de măcriș), în roșii și în foarte multe alte fructe.

Prin distilarea acidului benzoic (obținut dintr-o rășină vegetală) cu alcool și acid clorhidric, obține eterul de benzoe, iar în 1785 separă din fuzel — lichid ce rămîne la distilarea alcoolului — alcool amilic. Anul 1786 aduce descoperirea acidului galic din gogoșile de ristic, iar prin distilarea acestuia un sublimat, care este o substanță nouă și pe care el o numește acid pirogalic, pentru a sugera originea lui: obținut prin încălzire din acid galic.

Paralel cu produsele vegetale, el cercetează pe cele animale: laptele, calculii renali. Recunoaște în laptele fermentat un acid: acidul lactic și în calculii renali descoperă cristalele caracteristice de acid uric.

Iată dar un întreg program de descoperiri în domeniul chimiei organice, subordonat unei idei: lumea organică este constituită din indivizi chimic separabili, identificabili, obiect de investigații de laborator.

Se pregătea astfel un material experimental pe care se va putea înălța, în secolul următor, edificiul chimiei organice.

Totuși, chimia anorganică este domeniul în care a dat Scheele măsura posibilităților lui. În anul 1781 el prepară acid fluorhidric pur. Încă din anul 1670, se folosea la gravarea pe sticlă fluorina cu vitriol[1]. Scheele prinde însă gazul rezultat din reacția dintre vitriol și spat, acest gaz de o corozivitate neîntrecută, căruia nu-i rezista nici materialul rezistent la toți acizii: sticla. Evident, pentru manipularea acidului fluorhidric nu se mai puteau folosi vasele obișnuite. Intră astfel în laborator, ca recipienți pentru acest acid insinuant, vase de ceramică sau de plumb.

În anul 1775 elaborează o metodă de preparare a sodei calcinate (carbonat de sodiu), care trece repede în industrie, fiind înlocuită abia mult mai tîrziu de procedeul Leblanc.

Fosforul fusese extras din urină de alchimistul Brandt, apoi de Boyle și de elevii lui. Scheele îl extrage din oase și metoda sa devine industrială.

Și, în sfîrșit, un domeniu în care Scheele a lăsat marcate semnele personalității sale și numele lui: combinațiile arsenului.

În anul 1775, același an în care crease metoda de fabricare a sodei, el urmărește reacțiile arsenului cu clorul și cu apa regală. Din arsen alb plus apă și clor, precum și din arsen alb și apă regală, prepară acidul arsenic. O dată obținut acidul arsenic, el trece la reacțiile acestui acid cu metalele. Era firesc să se aștepte la compuși noi. Folosind binecunoscutul zinc, el obține din acid arsenic gazul pe care-l numim astăzi hidrogen arseniat. Prepară

[1] Fluorina (fluorură de calciu) degajă sub acțiunea acidului sulfuric acid fluorhidric, care atacă sticla.

sărurile de sodiu, de potasiu, de calciu, de zinc ale acidului arsenic și le descrie proprietățile. Una din aceste săruri obținute de el dintr-o soluție de piatră vînătă (sulfat de cupru) și soluție de arsen alb în potasă este o splendidă culoare verde. Ea a rămas în chimie și în comerțul de chimicale sub numele de verdele lui Scheele sau verdele suedez. Problema culorilor minerale îl preocupase de-a lungul întregii sale activități de laborator. Și în experiențele sale cu piroluzita și salpetru obținuse acea substanță, care-și schimbă culoarea după condițiile experienței și pe care o botează cu un nume plastic: cameleonul mineral.

Compuși ai manganului, ai arsenului, ai fosforului și fluorului, acizi organici: o impresionantă listă de substanțe chimice aduse în laboratorul de chimie de Scheele. Se impune o sistematizare, o nomenclatură rațională. Atîtea fapte și analogii cîte sînt puse în evidență de lucrările lui Scheele, Priestley, Cavendish, Richter, Wenzel asupra gazelor nou-descoperite, asupra acizilor, sărurilor, bazelor vor stimula gîndirea contemporanilor și urmașilor.

Printre contemporani, se va înălța figura lui Lavoisier.

Generalizarea acestui material va însemna descoperirea unor legi esențiale, care, la rîndul lor, vor fertiliza cîmpul cercetării experimentale.

Descoperirile pe care le făgăduia chimia au atras energii, talente și pasiuni. Începutul secolului al XIX-lea va vedea intrînd în scenă pe Dalton, Gay-Lussac și Dumas, pe Davy și Faraday, pe Iacobi și Petrov, pe Berzelius. Secolul al XIX-lea avea să devină nu numai secolul mașinismului, ci și al chimiei.

XII. Împotriva flogistonului

„Pentru experiență are mare importanță ce minte abordează studiul realității. O minte superioară face experiențe mari și vede ceea ce e important în jocul variat al fenomenelor"

HEGEL (citat de ENGELS)

Antoine Laurent Lavoisier era fiul unui procuror al parlamentului. Moștenitorul unei averi mari, concesionar al impozitelor regelui, Lavoisier dispunea de mijloace financiare care i-ar fi îngăduit să trăiască viața de huzur și de trîntor a privilegiaților curții regale franceze. El a ales însă altă cale și a folosit o mare parte a veniturilor sale pentru aparate de laborator și reactivi, pentru instrumentele materiale ale cercetării. Minți luminate, ca ale lui Lavoisier sau Laplace, Condorcet sau Lagrange, căutau adevăratele delicii ale vieții în cunoaștere și creație.

Elegant, cu pantofi cu catarame de argint, mîndru, Lavoisier nu era un om prea simpatic. Contemporanul său, profesorul Charles, descoperitor al unor legi fizice, îi imputa adeseori aristocratului său prieten că uită să pomenească de înaintașii și contemporanii pe care-și întemeiază propriile lui cercetări. Lavoisier nu părea să sufere prea mult din cauza acestor imputări. Avea obiceiul să spună că mai important decît să descoperi este să pui în lumina reală valoarea unei descoperiri.

Își începuse studiile la universitatea pariziană cu gîndul să devină jurist, conform tradiției familiei sale. Dar în atmosfera anilor în care Lavoisier venea în contact cu problemele care-i preocupau pe contemporani, pluteau idei mai interesante decît disputele în jurul paragrafelor de lege.

Inventatori ai unor mașini de forță obțineau mari succese. Mecanicianul, minerul și metalurgul Ivan Ivanovici Polzunov construiește în 1766, la Barnaul, în Siberia, prima mașină termică din lume, cu două pistoane, pentru acționarea uzinelor metalurgice. James Watt face, în aceeași perioadă, experiențe pe mașina cu abur a lui Newcomen de pompare a apei din mine, în vederea perfecționării ei. Mașini textile se brevetau în Anglia. Dezvoltarea industriei bumbacului punea problema fabricării economice a sodei; municipalitățile marilor orașe se preocupau de iluminatul străzilor și de alimentarea cu apă potabilă.

Pe vasele de cursă lungă se pune problema preparării apei potabile din apa sărată a oceanelor. Dr. James Lind propune distilarea apei sărate pe bordul vaselor (1761).

Jacob Christian Schäffer din Regensburg elaborează un procedeu de fabricare a hîrtiei din lemn, în anul 1765. Antoine Baumé inventează în 1768 areometrul cu scară; instrumentul se răspîndește în toate manufacturile și fabricile în care se lucrează cu soluții de sare, de sodă, de acizi.

Antoine Lavoisier

<

În același an Michel Ferdinand de Chaulnes folosește microscopul la determinarea indicilor de refracție.

Lavoisier ascultă cursurile lui Charles le Roy, care dezbate cu talent problema elementelor naturale, argumentînd împotriva concepțiilor vechi.

Academia de Științe din Paris oferă premii pentru rezolvarea unor probleme tehnice.

Hérissant și Macquer comunică Academiei că au izbutit să dizolve cauciucul în ulei de terebentină și în eter. Ei propun folosirea cauciucului la fabricarea sondelor medicale și a conductelor flexibile de laborator.

Lavoisier este cucerit de orizonturile teoretice și practice ale chimiei. El își constituie un laborator, își creează o imensă bibliotecă. Vizitează atelierele metalurgice, de lumînări, de săpun, atelierele în care se produce praful de pușcă pentru armată. Cercetează comparativ procesele de producție ale prafului de pușcă, în diferite țări; examinează metodele de producere ale „apei tari". Observă, consemnează, confruntă procedee și rezultate. Curînd este recunoscut ca specialist și consultat în problema producerii prafului de pușcă. Municipalitatea i se adresează în chestiunea iluminatului și a apei. Apă potabilă, apă curată, apă pură, apa „element" al materiei. Pe această linie de idei, se găsește antrenat Lavoisier la începutul activității sale de cercetător.

Lavoisier (1743-1794) își începe experiențele

Experiența prin care-și începe Lavoisier șirul lucrărilor este de o remarcabilă simplitate.

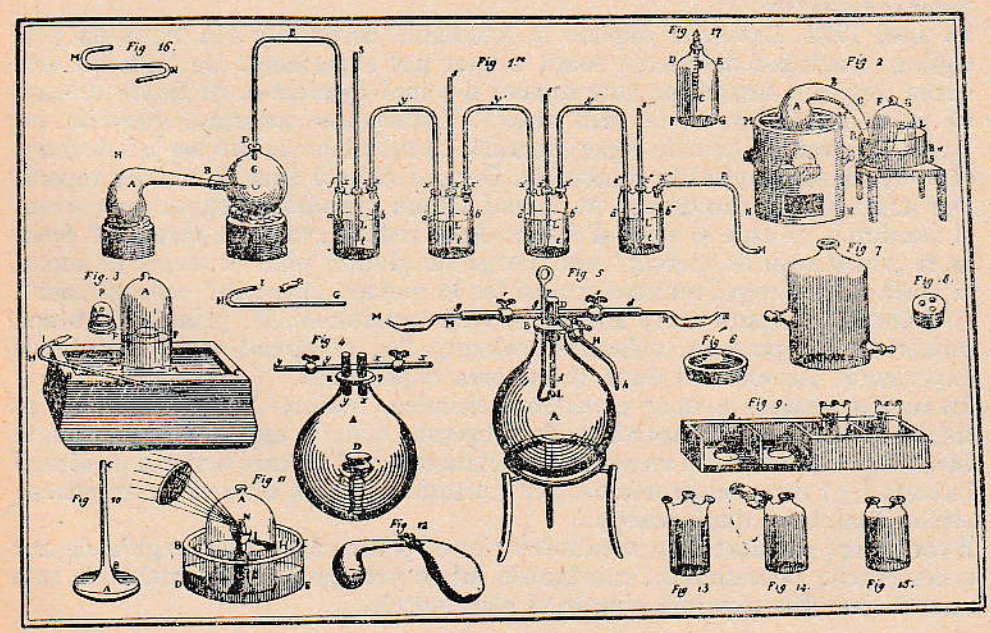
Era prin anul 1770. Lavoisier avea 27 de ani. El reia experiențele făcute cu o sută de ani înainte de belgianul Van Helmont și de marele Robert Boyle. Era vorba despre fierberea îndelungată a unei cantități de apă într-un vas de sticlă bine închis. Cei doi experimentatori susțineau, la vremea lor, că apa se poate transforma în pămînt. Ei demonstrau această idee arătînd că apa fiartă îndelung într-un vas de sticlă închisă lasă un precipitat pămîntiu. Deoarece apa nu se evaporă, nu se poate susține că precipitatul provine din impuritățile apei, care prin încălzire n-ar avea de ce să se separe de apă, ci dimpotrivă să se dizolve mai bine. Și în sfîrșit, apa luată în experiență a fost cea mai curată apă de ploaie, care, la fierbere deschisă, abia dacă lasă vreo urmă pe fundul vasului. Dovadă convingătoare...

Dar Lavoisier nu se poate mulțumi cu ea. Pasiunea pentru cercetarea transformărilor pe care le suferă substanțele îl făcuse să citească tot ce s-a scris în domeniul chimiei. Îi erau cunoscute lucrările chimistului berlinez Andreas Sigismund Marggraf (1709—1782) asupra zaharurilor de origine vegetală (*Încercări chimice de a extrage zahăr adevărat din diferite plante care cresc în țara noastră*, 1747), și *Scrierile chimice* ale aceluiași Marggraf, în care se puseseră primele baze ale chimiei analitice. Era, evident, la curent cu lucrările de chimie ale lui Cavendish, Scheele, și Priestley. Mînuia cu pasiune, pe lîngă balanța lui dragă, areometrul lui Baumé.

Să-i fi scăpat scrierile, în limba latină, limba științifică internațională de pe atunci, în care Lomonosov descria în 1756 fundamentalele sale experiențe cantitative pentru demonstrarea principiului conservării? Să nu fi cunoscut direct, de la sursă, concepția lui Lomonosov despre substanțe? Oricum, ideile lui Lomonosov își făceau loc în lumea oamenilor de știință. Ele s-au difuzat în toate centrele gîndirii europene, cucerind mințile luminate ale veacului, integrîndu-se în fondul circulant al științei.

Lavoisier atacă experiența cu fierberea apei, pornind de la ideea că pămîntul și apa nu sînt elemente. Și această idee, ca și principiul conservării, erau cunoscute, dar a le demonstra cu argumentul de necontestat al experienței concrete era strict necesar, înainte de a păși mai departe. Sute de observații anterioare îl îndrituiau să bănuiască eroarea lui Helmont și Boyle.

Aparate și instalații folosite la sfîrșitul secolului al XVIII-lea (după Lavoisier)



De cîte ori nu l-a izbit nepotrivirea în cîntăririle vasului înainte și după experiență? Căci Lavoisier cîntărea totul, cîntărea cu pasiune și nota fiecare dată obținută.
Lavoisier pune la fiert apă. Timp de douăzeci și cinci de zile, necontenit, fierbe apa în aparatul de sticlă construit după indicațiile sale, astfel încît să nu poată scăpa nici un miligram de apă în mediul exterior, prin vaporizare. Circuitul este perfect închis. Apa se evaporă, se condensează și fierbe din nou. După cele 25 de zile de observație, oprește fierberea. Se observă un precipitat, prea fin încă. Fără să deschidă retorta, Lavoisier reaprinde focurile. O sută de zile, fără încetare, sub continuă supraveghere, fierbe din nou apa în circuit închis. Abia acum se sting focurile. Lavoisier lasă totul să se răcească. Apoi cîntărește cu grijă maximă nu numai apa și precipitatul, dar și sticla... Acest amănunt le scăpase lui Helmont și Boyle. Lor nu le trecuse prin minte că sticla ar putea suferi vreo schimbare în cursul experienței. O sticlă poate doar servi la mii de fierberi.
Cîntărind cu deosebită grijă precipitatul, apa și sticla, Lavoisier constată că apa n-a pierdut, practic, din greutate și că sticla a pierdut tocmai greutatea precipitatului. Iată, dar, că nu din apă provine precipitatul pămîntos, ci din sticlă. Sticla se dizolvă — e adevărat — foarte puțin, dar se dizolvă în apă. Cu timpul, cantitatea dizolvată devine apreciabilă. Nu este vorba deci, despre transformarea apei în pămînt.

Întrebări și răspunsuri

Aceasta a fost prima dovadă *experimentală* că ideile vechi despre „elementele" apă, pămînt, foc etc. și despre transformarea unora în altele trebuie fundamental revizuite.
În anul 1772, Lavoisier depune la Academia de Științe din Paris un plic sigilat, conținînd descrierea sobră a unor noi experiențe. De fapt, nu este vorba despre o lucrare pe care nimeni n-a mai încercat-o. Și Boyle arătase că masa metalelor crește prin ardere. Lomonosov corectase greșelile lui Boyle și dovedise, pe cale experimentală, că metalele iau *din aer* o substanță care are un rol esențial în combustie. Deci, și de astă dată, Lavoisier repetă. Dar acum el experimentează nu numai asupra metalelor, asupra mercurului și staniului, ci arde și sulf, și fosfor. Apoi reduce „varurile metalice" (cum ar fi „varul roșu de mercur" sau litarga de plumb) pînă la starea de metal și arată că în timpul retransformării lor în metale, „varurile" cedează „aer". El pune în evidență acest adevăr pe cale experimentală, prinzînd sub apă bulele de gaz produse, măsurînd volumul lor, cîntărind vasul înainte de experiență, iar metalul după terminarea experienței.
În nici o relatare a unor experiențe chimice, înainte de Lavoisier, nu se întîlnesc atîtea cifre. Cantitățile de substanțe luate în experiență, exprimate în unitățile de masă ale vremii, cu precizia maximă pe care o oferea pe atunci balanța (± 1 mg); cantitatea de „aer" intrată sau ieșită din reacție, greutatea sticlei înainte și după reacție.
Exprimarea cantitativă a rezultatelor este, pentru Lavoisier, regula de aur a cercetării. Deocamdată, concluziile lui se țin aproape de rezultatele sale cantitative. Ele exprimă simplu și clar faptele.

Calcinarea metalelor este însoțită de creșterea masei lor; reducerea „varurilor" este însoțită de eliberare de „aer" în cantitate corespunzătoare aceleia pe care metalele o cîștigă la calcinare. Atît.

În anul 1774 Priestley descoperă, după cum am văzut, acel gaz pe care-l consideră, după ideile dominante ale epocii, gaz lipsit cu totul de „flogiston" și tocmai de aceea „eminamente propriu și întreținerii arderii". Puțin după această descoperire, în același an, Lavoisier scrie un nou memoriu în care descrie experiențele prin care prepară gazul, ca și Priestley, prin calcinarea „varului mercurial". Îl numește, la început, „aer vital", cu gîndul la faptul că el este acel component al aerului care întreține respirația organismelor vii. Lavoisier repetă și alte experiențe cunoscute. Transformă „varurile metalice" în metale curate, încălzindu-le cu cărbune și colectează gazul ce se produce în cursul acestei reacții. De unde putea proveni acest gaz? Din cărbune, desigur, pe de o parte, pentru că nu mai regăsește cărbunele la sfîrșitul experienței și din „aerul vital", fără de care combustia nu putea să aibă loc. Așadar, gazul produs, „aerul fix", sau după numirea dată mai tîrziu tot de Lavoisier, „acidul carbonic", este o combinație a cărbunelui cu oxigenul. Concluzia este impusă de faptele puse în lumină de experiență.

Dar... dacă este așa, atunci ar trebui să se poată obține același gaz prin arderea unui cărbune pur. Ancheta trebuia îndreptată în această direcție. Care este cel mai pur cărbune? Celebrele experiențe efectuate de membrii Academiei italiene „Del Cimento"[1] cu diamante trebuie reluate. Împreună cu Macquis, Cadet, Brisson și Baumé, Lavoisier supune unei puternice calcinări diamantul pur. El obține un gaz cu aceleași proprietăți ca ale gazului rezultat din experiențele de ardere a „varurilor". Experiența mai demonstrează că fără aer, diamantul nu arde. Așadar, lucrul este pe deplin dovedit. Sinteza „acidului carbonic" obținut prin arderea diamantului confirmă presupunerea.

Așadar, „principiul arderii" nu îl întruchipează imaginarul și contradictoriul flogiston. Arderea este combinarea unui corp cu un gaz din aer. Este oare propoziția aceasta general valabilă? Experiența va răspunde. Să încercăm deci cu alte corpuri.

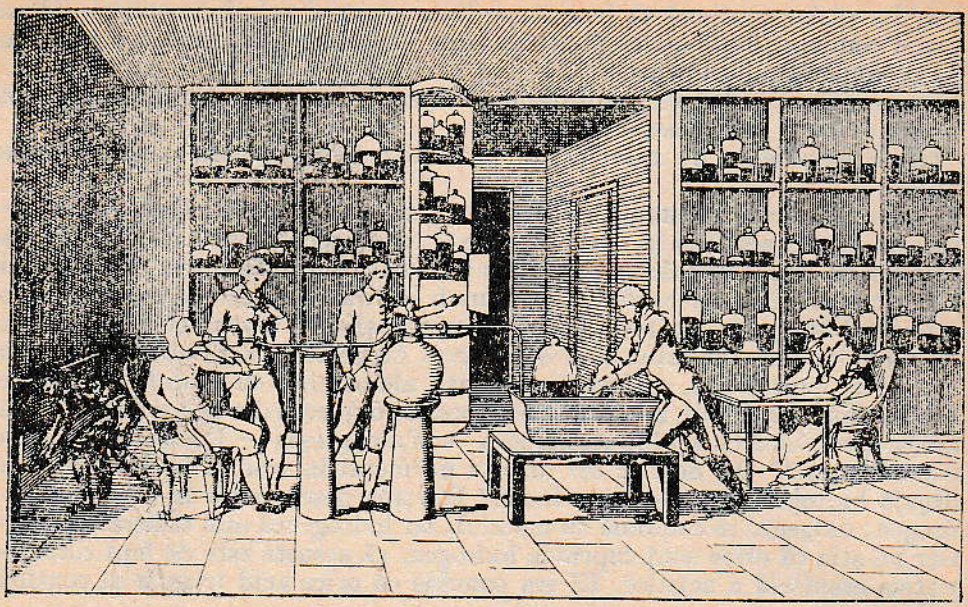
Ce se întîmplă cînd ardem fosforul? Și în acest caz dispare o parte din aer, care se combină cu fosforul dînd acidul fosforic. Fosforul absoarbe, prin ardere, a cincea parte din aerul din retortă. După fosfor, vine rîndul sulfului. Abia privind retrospectiv cercetările experimentale ale lui Lavoisier și succesiunea lor, îți dai seama că ele sînt integrate într-un plan perfect organizat. Toate problemele fundamentale ale chimiei sînt reluate și supuse probei de foc a experienței. Ideea de element — experiența cu fierberea apei. Ideea de conservare a masei — experiența de calcinare a metalelor. Problema combustiei — experiența cu diamantul, fosforul, sulful.

Fiecare descoperire esențială, contemporană, ca aceea a lui Priestley, este reluată și examinată în cadrul ideilor pe care le clarifică experiențele sale proprii. Fierberea prelungită a apei în sticlă dovedise, prin rezultatele ei cantitative, inconsistența teoriei celor 4 elemente fundamentale sau a apei ca element unic fundamental. Calcinarea metalelor trebuia să confirme sau

[1] În anii 1694, 1695, italienii Averani și Torgioni constată că un diamant pus în focarul unei lupe puternice dispare fără urme. În 1766, francezul d'Arcet reia această experiență. După el, în anul 1771, Macquis și Rouelle o reproduc.

să infirme principiul conservării masei. Acest principiu este perfect confirmat. Lavoisier îi dă expresie.
Sînt metalele corpuri compuse, așa cum susțineau înaintașii, sau elemente chimice în sensul definiției la care ajunge Lavoisier și care nici pînă astăzi n-a fost răsturnată (corp din care nu se poate extrage decît o unică specie de materie și care, supus tuturor metodelor cunoscute de analiză, rămîne mereu același, nedecompozabil)? Pe baza principiului conservării, el demonstrează matematic că, în reacțiile de ardere sau calcinare, intervine o substanță care se adaugă metalului și că deci metalul este element, iar produsul arderii — un corp compus.
Experiențele de ardere în spațiu închis a sulfului și fosforului trebuie să aducă argumente suplimentare pentru a fundamenta ideea: combustie = combinare a unui corp simplu cu un gaz care este o parte componentă a aerului. Și într-adevăr, ele aduc acest argument, căci de fiecare dată cînd un corp arde sau se calcinează, el devine mai greu tocmai cu atît, cu cît pierde în greutate aerul în care s-a petrecut fenomenul.
Punînd pecetea de element pe o serie de substanțe reale, nedecompozabile, ca fierul, aurul, sulful, fosforul, carbonul etc., redemonstrînd principiul conservării masei și stabilind esența fenomenului de combustie, Lavoisier definitiva armătura de idei a chimiei. El continua astfel opera lui Boyle și Lomonosov, transformînd chimia din artă în știință.
Organizînd sistematic experiențe decisive, Lavoisier cîștigă — cu fiecare dintre ele — o certitudine. Ideile capătă un contur clar. Prin prisma lor, întregul material experimental adunat de înaintași și contemporani se clarifică, se ordonează, se luminează. Perspectiva unor noi cercetări se deschide larg.
Corpul care produce arderea devine obiectul central al noilor cercetări experimentale ale lui Lavoisier. Cu ajutorul lui obținuse acid fosforic și sulfuric. Curînd îl descoperă în acid azotic.
În 1778, Lavoisier numește gazul lui Priestley: oxigen, pornind de la ideea că în toți acizii se regăsește oxigen, că deci „aerul eminamente propriu pentru întreținerea arderii și respirației" este „născător de acizi" (sensul cuvîntului oxigen în grecește).
Mînuind cu dexteritate balanța, baloanele de sticlă, instalațiile construite sub supravegherea și indicațiile lui de un meșteșugar sticlar, ținînd seama de legea raportului dintre volumul și presiunea gazelor stabilite de Boyle, Lavoisier descompune și recompune acidul sulfuric, demonstrînd că acidul sulfuric se deosebește de cel sulfuros prin proporția de oxigen. Acidul sulfuric conține mai mult oxigen decît acidul sulfuros.
Același lucru în legătură cu acidul azotic, în raport cu oxidul nitros, descoperit tocmai atunci de Scheele.
Soția lui Lavoisier redactează memoriile. Ea le traduce în englezește și le trimite neobositului Priestley. Englezul nu acceptă ideea legată de noul nume creat de Lavoisier. Pentru el, oxigenul rămîne partea din aer „cu totul lipsită de flogiston". Nici după vizita făcută lui Lavoisier, Priestley nu renunță la ideea flogistonului. Claritatea concepției lui Lavoisier nu izbutește să modifice prejudecata chimistului englez, care acceptă faptele puse în lumină de strălucitele experiențe ale colegului său parizian, interpretîndu-le însă prin prisma flogistonului.

Dar Lavoisier continuă să lucreze pe linia propriei sale interpretări. Ideea care-l conduce, după atîtea și atîtea fapte experimentale, capătă o expresie de o limpezime cuceritoare.
Prin ardere se *ia* din aer o substanță, oxigenul, acest gaz, pe care-l regăsim *în toți oxizii și în toți acizii*.
Vechile experiențe de calcinări și noile experiențe capătă o interpretare unică.
Flogistonul este o substanță imaginară. Real este oxigenul. Oxigenul se regăsește în toți acizii și în toate sărurile și, deci, sărurile sînt combinații ale acizilor cu oxizii metalelor. Nu numai sărurile obținute direct din oxizi și acid (cum este cazul oxidului de plumb — litarga — care dă cu oțetul o sare de plumb), dar și cele obținute din metale și acizi (zincul cu acid sulfuric dă albul de zinc, sulfatul de zinc; cuprul dizolvat în acid azotic dă sarea nitrică de cupru) sînt, de fapt, combinații ale oxizilor cu acidul. Înainte de a se combina cu acidul, metalul se oxidează cu oxigenul din apă și numai după aceea se combină cu acidul. Așa credea — și aici greșea — Lavoisier. Dovada experimentală? Ori de cîte ori dizolvi un metal în acid și obții o sare, se degajă hidrogen. De unde provine el? Din apa descompusă în oxigen și hidrogen; oxigenul se combină cu metalul, iar hidrogenul este eliberat. Lavoisier nu știa că orice acid cuprinde hidrogen, că aceasta este de fapt caracteristica esențială a acizilor. El era convins că orice acid trebuie să conțină oxigen.
Fiecare idee nouă se sprijină pe fapte. Astfel, de pildă, ideea că apa este un corp compus din hidrogen și oxigen a fost redemonstrată (după Cavendish și James Watt, 1781) în anul 1783, printr-o strălucită experiență originală de descompunere: vaporii de apă erau trecuți peste fier adus la incandescență; oxigenul din apă se combina cu fierul, oxidîndu-l, iar gazul eliberat era identificat ca hidrogen. Dovada experimentală este singurul criteriu al adevărului teoriei. Și Lavoisier dă expresie ideilor sale:
„Un oxid este combinația dintre un metal și oxigen".
„O sare este o combinație a unui oxid de metal cu un acid".
„Așa cum oxigenul dă oxizi, sulful dă sulfuri, iar fosforul fosfuri".
Oxizii, acizii, sulfurile, fosfurile, sînt, deci, combinații binare. Aceste combinații pot să dea, la rîndul lor, combinații binare între ele. Lavoisier elaborează o concepție binară, dualistă în chimie. Ea conține o parte de adevăr, parte rămasă valabilă și astăzi.
Teoria lui Lavoisier a deschis cîmp larg unor noi investigații experimentale. Faptul că Lavoisier considera — așa cum a crezut și contemporanul său, Claude Louis Berthollet, creatorul metodei de albire cu clor — că clorul nu este un corp simplu, ci o combinație binară între un acid, numit muriatic, și oxigen, nu schimbă lucrurile. Poate că dacă, în loc să accepte concluziile altora, Lavoisier ar fi experimentat și asupra clorului, ar fi ajuns la concluzia existenței unor acizi fără oxigen. Dar aceasta nu este esențial. După cum nu este esențial nici faptul că marele Lavoisier păstra în tabloul elementelor chimice „căldura" și „lumina", că socotea oxigenul drept combinație între oxigen propriu-zis și căldură.
Acest mare experimentator plătea și el tribut ideilor dominante ale epocii. Nici un om, oricît de dotat ar fi, oricîte fapte experimentale ar folosi pentru fundamentarea concepției sale, nu se poate feri de eroare. Aripile fanteziei



În laboratorul lui Lavoisier. O experiență asupra respirației omenești. În dreapta, soția lui Lavoisier însemnînd datele și rezultatele experienței

științifice îl poartă și peste domenii încă neexplorate, dar plumbul tradiției îi îngreuiază zborul.

Imperfecțiunea uneltelor cercetării își pune și ea pecetea pe concluzii. Cu toată grija extraordinară pe care-o punea în conducerea experiențelor, Lavoisier greșește și el. Arzînd fosforul, diamantul, hidrogenul și stabilind procentul acestor elemente în oxizii produși, Lavoisier greșește cu 3,6% la fosfor, cu 0,8% la carbon, cu 3,9% la hidrogen. Cu instrumentele de astăzi, aceste erori pot fi datorate numai unor greșeli grosolane de manipulare; pentru epoca în care lucra Lavoisier, ele reprezintă erori experimentale neînsemnate.

Lavoisier nu s-a limitat la experiențele cu substanțe anorganice. El a supus combustiei substanțe organice ca uleiul de măsline, alcoolul, ceara. A folosit ca surse de oxigen pentru arderea lor substanțe bogate în oxigen, cum sînt oxidul de mercur și cloratul de potasiu. A cîntărit produsul arderii acestor substanțe organice și a întemeiat astfel analiza cantitativă a substanțelor organice.

Condus de ideea rolului oxigenului în respirație, a pornit la experimentarea pe viu. Împreună cu Laplace, el experimentează pe cobai. Metoda măsurării căldurii prin cîntărirea apei rezultate din gheața topită de căldura măsurată, fusese elaborată de Black. Cei doi cercetători au însă nevoie de un instrument mai precis. Ei construiesc un calorimetru cu gheață cu o izolare cît se poate de bună. Folosesc acest instrument pentru a determina căldu-

rile specifice ale multor substanțe organice. Încurajați de rezultatele obținute, ei încearcă să măsoare cu același instrument căldura produsă într-un anumit timp de un cobai viu. Rezultatele experienței sînt interpretate curajos de Lavoisier. Viața însăși, după Lavoisier, este o ardere. Oxigenul inspirat de animale este utilizat la oxidarea alimentelor. Căldura animală este echivalentă cu cea produsă în afara organismului prin arderea substanțelor din alimente.

Înainte de a fi ajuns să experimenteze pe viu, căutînd să determine căldura animală, cei doi savanți făcuseră experiențe asupra dilatării liniare, încălzind și răcind bare de corpuri solide între punctul de înghețare și de fierbere al apei, determinaseră căldura absorbită de diferite corpuri pentru a ridica temperatura lor cu un anumit număr de grade.

Lavoisier și Laplace efectuau aceste experiențe în anul 1780. Ele nu întrerup activitatea experimentală chimică, propriu-zisă, a lui Lavoisier. În anul 1786, zece ani după ce demonstrase experimental că acidul azotic este alcătuit din azot și un oxid a cărui componență n-o cunoștea, el reia cercetările experimentale asupra acidului azotic. Aparatura este mai bună, metoda experimentală folosită — mai precisă.

El arde salpetru cu cărbune. Măsoară volumetric și determină și gravimetric gazele produse. Apoi trece gazele produse peste o leșie care absoarbe tot „acidul carbonic". Gazul rămas este azot. Acidul carbonic s-a format pe seama oxigenului din salpetru. Determinîndu-l, se putea afla oxigenul din salpetru. Astfel stabilește că în salpetru se găsesc: 20,5 părți în greutate azot, și 79,5 părți în greutate oxigen (corect, ținînd seama de greutatea atomică actuală a elementelor și compoziția acidului azotic: 22,6 azot și 77,4 oxigen).

Monumentala operă experimentală și teoretică a lui Lavoisier își găsește încoronarea în 1786—1787, cînd trei mari chimiști ai Franței și ai epocii, Lavoisier, Berthollet și Fourcroy, împreună cu un pasionat amator al chimiei, avocatul general al parlamentului din Dijon, Guyton de Morveau, stabilesc principiile generale ale chimiei — așa cum apăreau ele în lumina cercetărilor experimentale ale lui Lavoisier — și noul vocabular chimic propriu noii concepții, în lucrarea *Nomenclatura chimică*.

Recunoașterea generală a lucrărilor lui Lavoisier își face repede loc.

În anul 1794, cînd capul lui Lavoisier a căzut sub ghilotină, opera lui cucerise spiritele chimiștilor. Tehnica chimică experimentală desăvîrșită de el și principiul determinării exacte ca bază a cercetării chimice a pătruns în toate laboratoarele de chimie.

Redemonstrată de Lavoisier, legea conservării masei deveni baza oricărei cercetări experimentale.

Ideea de element chimic, în accepția modernă a cuvîntului, își făcuse intrarea triumfală pe arena chimiei.

Teoria flogisticului nu se mai putea ține în picioare, deși bătrînul Priestley nu mai era în stare s-o părăsească.

Antipodul flogisticului imaginar, oxigenul real, cules peste apă și mercur, și-a ocupat locul central între elementele reale. Și o dată cu aceasta, reacțiile de oxidare și reducere căpătau o interpretare unică și conformă cu realitatea.

O clasificare riguroasă a substanțelor compuse a luat locul ideilor vagi despre metale și varuri, vitrioluri și leșii: element, oxid, acid, bază, sare. Sînt noțiuni cu care chimistul operează și astăzi.
Iar legile cantitative ale chimiei și fizicii erau aplicabile — așa cum demonstrase Lavoisier — și substanțelor organice și reacțiilor care stau la baza respirației și a vieții organismelor.
Geniul sistematic al lui Lavoisier a focalizat luminile din retortă peste materialul faptic adunat de predecesori și contemporani, dînd contururi clare și nete ideilor fundamentale.
Începutul veacului al XIX-lea va vedea constituite un sistem și o metodă de cercetare a fenomenelor chimice; va vedea constituită știința transformării substanțelor.

XIII. Fundamentarea electrochimiei

„Noi nu vom despărți utilul de artă și știință, ci îl vom ridica pe aceeași treaptă cu ele".

B.S. IACOBI

În anul 1800, Banks, președintele Societății regale din Londra, primește o scrisoare de la italianul Alessandro Volta (1745—1827), profesor de fizică la Universitatea din Pavia. Scrisoarea cuprindea o descriere detaliată a unei invenții, pila galvanică, și a unei serii de experiențe efectuate cu această pilă. Volta îi cere lui Banks să publice descrierea invenției în publicația societății regale. Ca de obicei, președintele societății regale arată scrisoarea celor mai interesați în problemă. Conținutul ei este repede cunoscut de chimiștii cercetători ai Londrei. Doi dintre ei, Anthony Carlisle și William Nicholson, își construiesc în același an o pilă și fac o serie de experiențe fără pretenții prea mari. Publică o singură comunicare despre experiențele lor cu pila: descompunerea apei cu ajutorul curentului galvanic. Cei doi chimiști arată că dacă firele conducătoare de la extremitățile pilei lui Volta sînt cufundate în apă, fără să se atingă, atunci la cele două capete libere ale celor doi conductori apar bule de gaz. Alte descoperiri mari n-au mai făcut cei doi chimiști. Numele lui Nicholson îl mai întîlnim pe coperta unui dicționar de chimie publicat în anul 1808, carte care s-a bucurat, la vremea ei, de un mare succes în Anglia.

Cu unsprezece ani înainte de Carlisle și Nicholson, doi chimiști olandezi, Paets Troostwijk și Deimann, comunicaseră observația lor în legătură cu acțiunea electricității asupra apei. Ei vorbeau despre descompunerea apei în „aer arzător" (hidrogen) și „aer vital" (oxigen). Fără o sursă comodă de curent, cum era pila lui Volta, expe-

Alessandro Volta

rienţa descompunerii apei era greu de realizat. Poate de aceea a trecut neobservată comunicarea celor doi olandezi.
Ciudat este că Volta, inventatorul pilei şi a seriei de pile (alcătuită din rondele de cupru şi zinc, despărţite prin rondele de pîslă umezită cu apă acidulată cu vitriol), n-a observat fenomenul descompunerii electrice a apei. Pentru Volta, fenomenele chimice, care însoţeau apariţia curentului, erau nişte fenomene accesorii, parazitare, al căror efect el încerca să-l reducă pe toate căile pentru a pune în evidenţă numai fenomenul electric. Aşa cum îl stinghereau oxizii care se depuneau pe rondelele de metal, îl enervaseră, probabil, aceste bule de gaz, pe care nu se poate să nu le fi observat; era aproape exclus ca în cursul experienţelor lui Volta cele două capete ale firelor de legătură să nu fi atins o picătură mai mare de apă.
În anul 1800 şi următorii, şi-au construit pile Volta cei mai mari chimişti şi fizicieni ai Europei. La Stockholm, la Paris, la Moscova se făceau în faţa studenţilor tot felul de experienţe cu pila lui Volta. Acest instrument devenea mai răspîndit decît celebra butelie de Leyda.
La Petrograd, cercetarea ştiinţifică originală, ale cărei baze le pusese Lomonosov, devenise o puternică tradiţie. În anii invenţiei pilei, la Academia Medico-Chirurgicală preda chimia V. V. Petrov.

V.V. Petrov (1761~1834)

s-a născut în oraşul Oborani din gubernia Kursk. Tatăl său, preot, a încercat să-l împingă spre cariera preoţească. Petrov, atras de disciplinele pozitive, nu termină seminarul teologic şi ajunge curînd profesor de fizică la Barnaul. În anul 1792 este numit la Academia Medico-Chirurgicală din Petersburg, unde, după patru ani, ocupă postul de profesor de fizică.
Strălucitele lui lucrări în domeniul electricităţii îi aduc în 1810 cooptarea ca membru al Societăţii fizico-matematice din Erlangen. În 1815 devine membru al Academiei de Ştiinţe din Petersburg.
În anul 1802, Petrov construieşte în laboratorul său o pilă uriaşă de 4 200 de rondele de cupru şi zinc. Era cea mai puternică sursă de curent din vremea aceea. Cu ajutorul acestei baterii, Petrov izbuteşte să realizeze pentru prima oară în lume arcul electric. Savantul rus publică chiar în anul 1803 lucrarea: *Ştiri despre experienţele lui Galvani şi Volta*, în care descrie şi propriile sale experienţe, pe care le continuă ani de-a rîndul.
El reface experienţele de descompunere a apei, separă hidrogenul şi oxigenul, observă că diferite substanţe colorate îşi schimbă culoarea sub acţiunea curentului electric; în sfîrşit, pune în evidenţă faptul că apa din jurul firului legat la polul negativ al bateriei prezintă reacţia alcalină, pe cînd apa din jurul polului pozitiv are reacţie acidă.
Informaţiile despre experienţele cu bateria galvanică stîrneau imaginaţia chimiştilor din lumea întreagă. Ideea că acest instrument nou deschide orizonturi nebănuite în cunoaşterea şi transformarea substanţelor îşi făcea loc pretutindeni. Mai ales capacitatea curentului de a descompune substanţele era în atenţia chimiştilor.

Humphry Davy (1778–1829)

Humphry Davy a fost fiul unui sculptor. Copilăria și-a trăit-o fără vreo supraveghere deosebită din partea părinților. Tatăl lui Davy a murit cînd Humphry avea 14 ani. Erau 5 copii, iar mijloacele materiale ale familiei, mult prea modeste.

Davy era pasionat pentru poezie și pescuit, dar la vîrsta de 17 ani înțelege că trebuie să pună umărul la rezolvarea greutăților în care se zbătea mama sa. Intră ca ucenic la un chirurg. Citește pe nerăsuflate lucrări de etică, geografie, medicină și chirurgie, chimie, logică, fizică, matematică, mecanică, istorie și retorică. Învață cu îndîrjire limbi străine.

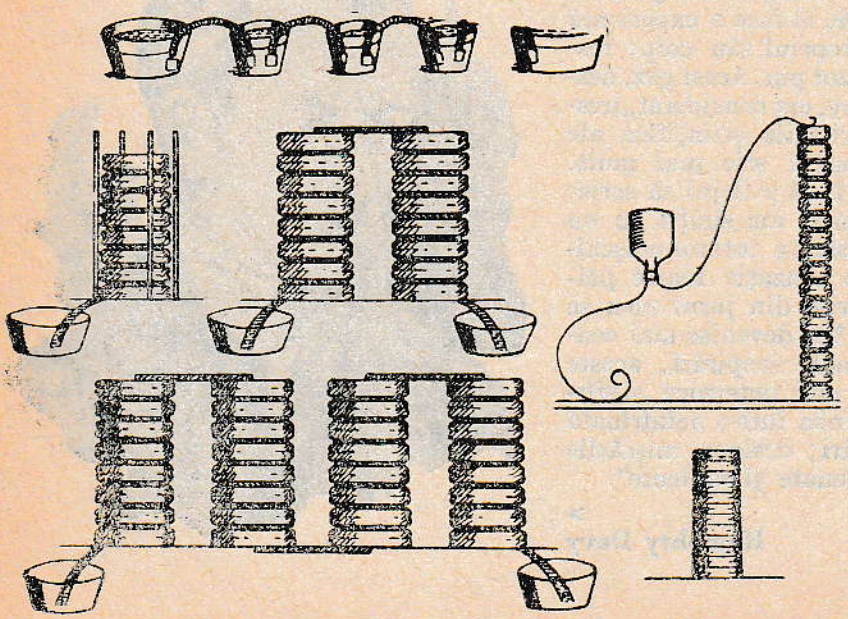
În 1798 îi cad în mînă două cărți, care au asupra lui o influență hotărîtoare: *Eléments de chimie* de Lavoisier și *Dictionary of Chemistry* de Nicholson. Cu acest prilej își descoperă Davy vocația. Prietenia pe care a legat-o în același an cu Gr. Watt, fiul inventatorului James Watt, contribuie la cotitura ce s-a produs în viața lui Davy.

Cartea lui Lavoisier și dicționarul lui Nicholson orientează preocupările lui Davy spre experiențe de chimie. Drept instrumente, el folosește niște tuburi de sticlă cumpărate la un negustor de barometre, tuburi de lulele vechi și lămpi de spirt. Folosește coșul bucătăriei pentru prepararea gazelor.

După o serie de experiențe, îi scrie lui Thomas Beddoes, medic din Clifton, comunicîndu-i o ipoteză originală asupra luminii și căldurii. Beddoes publică lucrările lui Davy și-l angajează curînd la „Institutul pneumatic" din Bristol, pe care medicul îl înființase cu gîndul folosirii gazelor în tratamentul bolilor. Davy avea drept misiune studiul efectelor fiziologice ale gazelor. La 12 aprilie 1799, el face o experiență îndrăzneață pe propriul său corp: respiră protoxid de azot pur. Acest gaz, descoperit de Priestley, era considerat „irespirabil" de autoritățile științifice ale vremii. Davy voia să știe mai mult. Prima experiență îi dă prilejul să scrie: „după 30 de secunde, am simțit ca un fel de ușoară apăsare a tuturor mușchilor, însoțită de o senzație foarte plăcută. Toate lucrurile din jurul meu se clătinau și auzul îmi devenise mai sensibil. După ultimele inspirări, aceste senzații deveniră mai puternice, și sfîrșiră prin a se schimba într-o neînfrînată pornire spre mișcări; desigur, mișcările mele erau dezordonate și violente".

Humphry Davy

O nouă experiență, în prezența unui medic, prilejuiește o descriere pasionantă a senzațiilor produse de gazul ilariant. Încearcă apoi asupra sa efectul altor gaze: azot, hidrogen, gaz de iluminat, oxid de carbon.
Cîștigă celebritate mondială, dar sănătatea lui se resimte puternic.
Înființînd la Londra „Royal Institute", Rumford îi oferă lui Davy postul vacant de profesor de chimie.
În anul 1800, tînărul, elegantul Humphry Davy avea 22 de ani și era profesor la Royal Institute. Îi erau deschise toate căile succesului. Colegii și prietenii lui, feciori de bani gata, fii de fabricanți și politicieni, o duceau dintr-o petrecere în alta. Ei îl solicitau pe Davy, îi căutau societatea, îl voiau printre ei pentru că era arătos, spiritual, plin de vervă, pentru că știa să vorbească cu o extraordinară ușurință despre cele mai complicate teme științifice. Expunerile lui erau pasionante ca niște povești de aventuri. Dar Davy nu se simțea mulțumit printre acești tineri zgomotoși, amatori de senzațional. Comunicarea lui Volta veni ca ceva așteptat, presimțit, ca făgăduiala unor cuceriri. Citise și recitise de sute de ori scrisoarea. Cînd află că Alessandro Volta va ține — ca invitat al consulului Napoleon Bonaparte — în una din zilele lui septembrie a aceluiași an, 1800, o conferință în fața Academiei Franceze de Științe, Davy nu-și mai găsi liniștea pînă cînd nu obținu o recomandare din partea lui Rumford (căsătorit cu văduva lui Lavoisier) către profesorul Alexandre César Charles, de la Paris, care putea să-i facă rost de o invitație la conferință. Și plecă la Paris.
Volta avea 55 de ani. Lucra cu o baterie alcătuită din 32 de discuri de argint și 32 de discuri de zinc. Era uluitor. Vorbea și experimenta. Trecea în revistă celebrele experiențe ale lui Galvani cu broaștele, experiențele cu butelia de Leyda, și în sfîrșit propriile sale experiențe cu bateria de pile. Davy era fascinat. Volta nu pomenea nimic despre chimie, dar Davy se gîndea la substanțele folosite pentru generarea curentului electric, la metale, la săruri. Curentul electric și chimia... Asociația era imediată. Pila era sediul unor reacții chimice, iar Volta nu știa asta.



Pila lui Volta

Întors la Londra, Davy își construiește o baterie. El strînge tot ce se comunică în domeniul electricității galvanice.
În 1802 mai lucrează la problema sărurilor de argint sensibile la lumină, obținînd imagini optice la microscopul solar, cu ajutorul unei hîrtii îmbibate în clorură de argint.
În 1803 el face prima experiență originală cu pila galvanică, făcînd să acționeze curentul asupra unei soluții de sulfat de potasiu. Analizînd soluțiile din jurul polilor, observă că la polul pozitiv apare acid sulfuric, iar la cel negativ hidroxid de potasiu.
În timp ce Davy lucra la Londra, Berzelius și Hissinger efectuau la Stockholm alte experiențe de descompunere. Lucrînd cu o soluție de clorură de sodiu, ei obțin la polul negativ hidroxid de sodiu. Toate aceste experiențe erau comentate în laboratoarele de chimie ale marilor capitale. Și printre toate problemele ridicate de experiențele galvanice, se discuta mai ales un fenomen ce părea inexplicabil. La cei doi poli ai bateriei apăreau acidul și baza, chiar dacă se lucra cu apă simplă, distilată. De unde proveneau acidul și baza inexistente în apa luată în experiență? Tot felul de deducții fanteziste se brodează în jurul acestei constatări experimentale. Davy pornește la rezolvarea acestei chestiuni de la convingerea că totul se datorește impurităților din apa distilată. Purifică, deci, apa prin distilări repetate. Fenomenul însă continuă să apară, deși în proporții mult reduse. Pentru a rezolva definitiv problema, Davy face electroliza în vase de aur, socotind — ca și Lavoisier — că sticla se dizolvă în apă. De astă dată acidul și baza nu mai apar la cei doi poli. Ipoteza lui Davy devenea adevăr experimental. Nu apa este descompusă, ci soluția de săruri, de acizi, de baze, preexistente în apa insuficient purificată.
Lucrările lui Davy au atras atenția oamenilor de știință. „Institutul regal" la care lucra Davy (spre deosebire de „Societatea regală") era o organizație particulară, ai cărei membri plăteau cotizații în schimbul cărora li se predau lecții sub forma unor conferințe de popularizare a științei. În laboratorul acestei asociații științifice își face Davy cele mai interesante experiențe de electrochimie.
Era în 1807. Davy era deplin stăpîn pe tehnica experimentală. Își propuse deci o sarcină pe măsura posibilităților lui: să descompună potasa și soda; să dovedească experimental că aceste substanțe sînt combinații și — dacă ar fi fost cu putință — să descopere metalul care se ascundea în aceste baze puternice.
Ideea care-l conducea pe Davy era, teoretic, întemeiată. Fuseseră adunate unele dovezi experimentale în legătură cu proprietățile de corp compus ale sodei și potasei caustice. Ca substanțe puternic alcaline ce erau, soda și potasa nu puteau fi decît compuși ai metalelor. Instrumentul ales pentru descompunere, pila galvanică, se dovedise în atîtea împrejurări capabil să realizeze punerea în libertate a elementelor substanțelor compuse. Rămînea să se evite posibilitatea refacerii corpului compus, după desfacerea lui în elemente. Pentru aceasta trebuia evitată reacția în soluție. Pe de altă parte trebuia asigurată circulația curentului prin potasa caustică. Davy dă o soluție de o magistrală simplitate acestei probleme contradictorii.
Potasa solidă nu este conducătoare de curent. Aceasta pentru că particulele din cristal nu se pot mișca din pozițiile lor. Dar într-un lichid, particulele se mișcă. Fluiditatea trebuie să îngăduie curentului să circule o dată cu par-

ticulele. Deci să topim potasa. Davy hotărăște să încălzească potasa supusă acțiunii curentului electric.
Ajuns la aceste concluzii bazate pe toate experiențele nereușite de pînă atunci, Davy face, în laboratorul lui, toate pregătirile necesare. Asamblează o baterie de pile galvanice din 200 de perechi de discuri, cu aria de aproximativ 25 cm^2 fiecare (în unitățile noastre). Încearcă atent curentul, refăcînd obișnuitele experiențe de descompunere a apei. Apoi fixează un bloc ușor de potasă între două plăcuțe de aur. Plăcuțele de aur erau sudate cu firele conducătoare venind de la cele două extremități — polul pozitiv și negativ — ale pilei. Încălzește înainte de a face legătura cu polul pozitiv. Potasa solidă începe să se topească. Face legătura. La polul pozitiv încep să se degaje bule de gaz, care puteau fi ușor identificate ca oxigen. Iar la polul negativ, apar pe suprafața potasei topite niște globule strălucitoare, argintii. Picături de metal...
Era în octombrie 1807. Davy are sub ochi un element metalic care n-a fost obținut niciodată pînă atunci. Descoperitorul cercetează cu înfrigurare însușirile acestui metal ciudat.
El reface experiențele sale în fața auditorilor de la „Institutul regal". Entuziasmul este unanim în lumea oamenilor de știință și a amatorilor de conferințe științifice.
Iată cum se descriu însușirile potasiului (metalul descoperit de Davy) într-o carte sobră, științifică, apărută la cîțiva ani după descoperirea lui Davy: „... metal minunat a cărui cunoaștere a fost relevată lumii de sir H. Davy..."
„Potasiul se bucură de proprietăți *cu totul extraordinare*. El este mai ușor decît apa. La temperaturi obișnuite este solid, moale și poate fi ușor frămîntat între degete. La 65° centigrade, el se topește... Proaspăt tăiat, culoarea sa este de un alb strălucitor, ca al argintului, dar își pierde repede strălucirea la aer. Ca să-l păstrezi nealterat, trebuie să-l închizi în mici fiole și să-l acoperi cu ulei de țiței foarte pur. Este conducător de electricitate ca și metalele ordinare. Dacă-l arunci peste apă, el se agită violent, plutind mereu și arzînd cu o flacără frumoasă de un roșu viu, amestecat cu violet... Potasiul acționează foarte prompt cu toate corpurile fluide care conțin apă sau mult oxigen, sau clor și față de forțele sale generale de combinație chimică, — spune ilustrul autor al descoperirii sale —, el poate fi comparat cu alcatestul sau dizolvantul universal, imaginat de alchimiști..."[1].
Se simte, în descrierea proprietăților, fiorul abia stăpînit al unei emoții estetice.
Îndată după potasa caustică, Davy atacă soda caustică. El obține al doilea metal alcalin, sodiul, cu însușiri foarte apropiate de cele ale potasiului. La un an după potasiu și sodiu, apar comunicările lui Davy despre separarea calciului, bariului, stronțiului, magneziului și borului. Metalele alcalino-pămîntoase și pămîntoase intră pe scena chimiei. Seria elementelor cunoscute se îmbogățește. Concepția de metal capătă noi dimensiuni. Pila electrică se dovedește un instrument de uriașă importanță.
O concepție nouă — despre legăturile chimice — își face apariția. Legăturile între elemente care — după cum arată experiența — se pot desface pe cale electrică, nu pot fi decît legături electrice. Această concluzie a fost trasă de Berzelius.

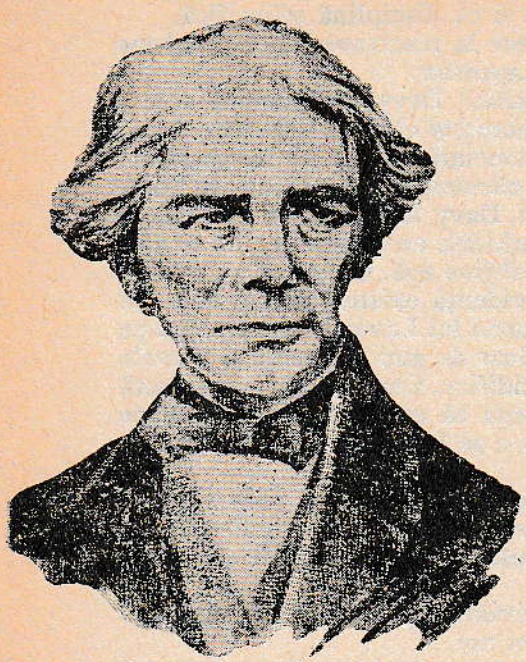
[1] Andrew Ure, *Dictionnaire de Chimie*, vol. IV, Paris, 1824, p. 212.

Se constituie astfel electrochimia, ca teorie și ca disciplină științifică.
Cu noul instrument experimental, Davy trece la rezolvarea unor probleme rămase nelămurite încă de pe vremea lui Lavoisier.
Care este compoziția reală a acidului muriatic? Davy descompune acidul clorhidric și obține gazul verde (pe care-l numește clor) și hidrogen. Ideea că clorul este un compus oxigenat apare neîntemeiată. Patru ani de experiențe îl conduc la concluzia că are de-a face cu un element. În anul 1812, la Edinburg, în fața unui număr de chimiști englezi, Davy face o strălucită demonstrație experimentală. El combină acidul clorhidric cu substanțe fără oxigen și arată că în nici unul din aceste cazuri nu obține apă. Oxigenul nu este în clor. Nici o experiență nu poate pune în evidență existența oxigenului în clor. Deci clorul este un element. Dar în tratatul lui Lavoisier scrie negru pe alb că toți acizii sînt corpuri oxigenate. Doar de aici i-a venit și numele oxigenului, acest unic element capabil să acidifice. Cum să lupți cu această autoritate consolidată? E greu să te îndoiești că acidul muriatic conține oxigen. E greu să îndrăznești în zona în care se întinde umbra autorității lui Lavoisier.
Întemeiat pe experiență, Davy îndrăznește. Clorul este un corp simplu. Există și acizi fără oxigen. Ba, mai mult, caracteristic pentru acid nu este oxigenul, ci hidrogenul din molecula sa. Aceste cîteva propoziții răstoarnă principii, certitudini, obișnuințe.
Caracterul evident al experiențelor, combativitatea și talentul de expunere l-au ajutat pe Davy să promoveze aceste idei noi.
După sodiu, potasiu, calciu, stronțiu, bariu, magneziu și bor, Davy încearcă descompunerea argilei. În englezește, pămîntul argilos se numește alumină. Davy, sigur că aici trebuie să se descopere un metal nou, îl și botează. Îi spune aluminiu. Dar separarea electrolitică a aluminiului nu-i va izbuti.

Descoperirea unui om: Michael Faraday (1791–1867)

Davy a mai descoperit multe alte lucruri în chimie. A pus în evidență proprietățile excepționale ale iodurii[1] de argint, mai sensibilă decît clorura, la lumina soarelui, a analizat solurile agricole subliniind importanța sărurilor minerale în creșterea plantelor, a descoperit procesul denitrificării din solul vegetal[2], a creat lampa de siguranță a minerilor. Dar cea mai interesantă descoperire a lui Davy este un om: Michael Faraday.

[1] Iodul a fost descoperit de Bernard Curtois, în anul 1811, la Paris. Curtois era fabricant de sodă. El folosea leșia mumă obținută din cenușa unei alge marine, „varec". Așa se fabrica soda înaintea descoperirii procedeului Leblanc (1791) și mulți ani după aceea. Curtois nu căuta iod. Pe masa lui de lucru se găsea un balon cu cenușă de alge marine peste care turnase alcool. În altă sticlă se găsea o soluție verde de calaican (sulfat de fier și aluminiu). Se povestește că un cotoi speriat ar fi sărit pe masă și cele două flacoane au căzut pe podea. Spărgîndu-se flacoanele, cele două soluții s-au amestecat dînd vapori violeți de iod.
[2] Davy a demonstrat că în solul vegetal se produce azot liber, prin descompunerea substanțelor organice și că salpetrul (azotatul de sodiu) se produce în sol pe seama amoniacului din pămînt și a oxigenului din aer (1814).



Michael Faraday

<

În primăvara lui 1813, la vîrsta de 35 de ani, Davy descoperă pe acest ucenic legător de cărți, fiu de potcovar, în vîrstă de 22 de ani.

Surprins trebuie să fi fost profesorul Davy citind caietul de însemnări al lui Faraday. Un tînăr autodidact dovedea prin însemnările luate la cursurile de popularizare a chimiei, ținute de sărbătoritul autor al electrochimiei, înțelegerea profundă a fenomenelor expuse. Scrisoarea către Davy, care însoțea caietul de însemnări al lui Faraday, și prin care acesta cerea să lucreze ca laborant, mărturisea pasiunea pentru cercetarea științifică. Profesorul primise multe scrisori de la admiratori, dar în cuvintele simple ale lui Faraday intui pe omul gata să se dăruiască fără condiții muncii de creație. Pasiunea acestui fiu de muncitor pentru știință nu era un fenomen izolat în primele decenii ale veacului al XIX-lea în Anglia. Revoluția industrială, care începuse în ultimele decenii ale veacului al XVIII-lea — și care se caracteriza prin dezvoltarea puternică a industriei mașiniste și îndeosebi a industriei grele — constituia un adevărat „mediu de cultură", pentru cercetători și inventatori. Necesitatea perfecționării mașinilor-unelte și a surselor de energie corespunzătoare stîrnea talente și forțe, mobiliza potențialul de gîndire și acțiune al maselor populare.

James Watt, Henry Maudsley[1], John Wilkinson, Richard Trevithick[2] sînt doar cîteva nume din șirul inventatorilor care au contribuit la revoluționarea bazei tehnice a industriei.

Muncind într-o legătorie de cărți, Faraday citea pe nerăsuflate lucrări de mecanică, astronomie, fizică și chimie. Întîlnirea cu Davy a fost evenimentul care a determinat orientarea acestui vlăstar al unei epoci de căutări și prefaceri în știință și tehnică. Această întîlnire l-a smuls pe Faraday destinului multor tineri talentați și stăruitori, ale căror vise și năzuințe erau zdrobite de societatea capitalistă.

Faraday începe prin a fi om de serviciu, și devine apoi, rînd pe rînd laborantul, secretarul și asistentul lui Davy.

În toamna anului 1813, la jumătate de an după angajare, Faraday își însoțește profesorul într-o călătorie prin Franța și Italia. Timidul asistent, privit cu ochi răi de cicălitoarea și extravaganta soție a lui Davy, vine în contact cu lumea oamenilor de știință. Se întîlnește la Paris cu profesorul Charles, cu

[1] Inventator al păpușii mobile pentru strung și realizator al altor perfecționări tehnice, în primele decenii ale secolului al XIX-lea.

[2] Inventator al primei locomotive cu abur, pe șine, din Anglia.

Ampere, cu Arago. Vizitează laboratoarele de chimie din Paris și Roma. Este martorul unor discuții pasionante despre chimie și electricitate. Ascultă, vede, citește. Este timid și stîngaci în conversație, dar în laborator, sau alături de maestrul său la conferințele publice, mîinile lui meștere fac minuni. Aparatele de laborator, bateriile, reactivii sînt așezate în cea mai potrivită ordine pentru efectuarea experienței. Cuvîntul profesorului abia se termină — și ceea ce enunță acest cuvînt se și realizează sub mîinile acestui laborant, care trăia cu toate fibrele ființei sale fiecare moment al experienței. Curînd, Davy înțelege tot mai definitiv că o dată cu Faraday a descoperit o forță nouă pentru cercetarea chimică. El mărturisește adesea că Faraday îl depășește prin răbdare, prin sistematica observației. Mărturisește invidia și admirația pentru acest elev neobișnuit, care făcea într-o lună progrese pe care altul le face în ani, și care după primele luni de activitate în laborator știa să spună lucruri de care erai obligat să ții seama. Davy nu se mai poate despărți de Faraday.

Încă din anul 1820, cînd Davy fusese ales președinte al lui Royal Society, profesorul, abia trecut de 41 de ani, se simțea un om consumat. Faraday trebuia să lucreze pentru el și după el.

Creația științifică a lui Faraday nu poate fi redusă la experiențele sale legate de raportul dintre substanță și curentul electric. Descoperitor al inducției electromagnetice, întemeietor al electromagnetismului, Faraday a lăsat o impresionantă moștenire fizicii și tehnicii. Aci vom aminti doar că orice motor electric care pune în mișcare vreun mecanism al industriei moderne are înscrise în construcția sa legile descoperite de Faraday; că studiul undelor electromagnetice, care a revoluționat tehnica transmiterii informațiilor abia în veacul nostru, își are începuturile în opera lui Faraday. În paginile acestei cărți, este însă locul să se amintească doar experiențele lui de chimie și rezultatele lor.

Avea 30 de ani (1821) cînd și-a comunicat prima lucrare experimentală (în domeniul magnetismului) și 66 de ani (1857) cînd și-a încheiat ultima lucrare originală de chimie, care a fost și ultimul său aport la dezvoltarea științei. Cînd, în 1833, pornea să cerceteze experimental, din punct de vedere cantitativ, efectul chimic al curentului electric, Faraday era la capătul unui șir de rezultate originale. Realizase principiul aparatelor electromagnetice și magnetoelectrice (1821), lichefiase împreună cu Davy bioxidul de carbon (1823) prin simplă creștere a presiunii gazului și apoi amoniacul[1], dărîmase dogma gazelor „permanente" lichefiind clorul la temperatură joasă și presiune corespunzătoare, descoperise benzenul și butilena[2] (1825) în produșii de disti-

[1] Experiența de lichefiere a amoniacului este genială prin simplitatea și forța ei demonstrativă. Se trece peste clorură de argint un amestec de amoniac uscat; clorura de argint absoarbe astfel în cantități mari amoniacul. Produsul rezultat este introdus într-o ramură a unui tub de sticlă îndoit ca un *V*. Se închide tubul la flacără. Încălzind ramura cu clorură de argint, se degajă amoniacul absorbit, care, sub propria lui presiune, se lichefiază în a doua ramură a tubului, introdusă într-un pahar cu gheață cu sare.

[2] În cărțile de chimie din prima jumătate a secolului al XIX-lea, ea poartă numele de bicarbură de hidrogen a lui Faraday și i se atribuie formula C_2H_2, în locul celei corecte C_4H_8.

lare ai unor substanțe organice, studiase flacăra[1] și realizase flăcări luminoase cu amestecuri speciale de gaze (1826), descoperise și studiase fenomenul supratopirii sulfului (1827), descoperise inducția electrică („voltaică") și magnetică (1831) și apoi inducția magnetismului pămîntesc (1832). Lumea oamenilor de știință conferise tacit titlul de cel mai bun experimentator acestui om, care avea să refuze titlurile de noblețe oferite de monarhi.

Legile electrolizei

Cînd porni să efectueze experiențele cantitative asupra efectului chimic al curentului, Faraday urmărea o idee generală. El își punea următoarea problemă: pot fi descoperite deosebiri calitative ale electricității, deosebiri de natură, care depind de originea electricității, sau nu există decît electricitate negativă și pozitivă, independent de modul cum este generată? Cu alte cuvinte, există în cazul electricității diferențe calitative sau numai cantitatea deosebește un curent de alt curent?
Problemă profundă, idee genială care presupunea sute de experiențe organizate, după un plan bine condus. Trebuia să producă, în primul rînd, electricitate prin toate mijloacele cunoscute. În al doilea rînd trebuiau măsurate efectele curenților obținuți și comparate aceste efecte. Faraday produce curent electric prin mijloacele existente: pila și curentul de inducție. Constată că electricitatea în mișcare, indiferent de sursa ei, produce aceleași efecte. Trage concluzia clară că nu putem vorbi despre diferențe calitative între doi curenți continui produși pe căi diferite. Singura deosebire care se poate face între diferiți curenți continui este diferența de *intensitate*[2]. Este de așteptat deci ca efectele curentului electric să fie proporționale cu intensitatea lor. Cu cît este mai puternic curentul, cu atît mai puternic este efectul. Aceasta este ideea pe care Faraday vrea s-o pună în evidență, trecînd la refacerea experiențelor lui Davy cu instrumente de măsurat; aparate inventate de el însuși pentru măsurarea intensității, balanțe pentru măsurarea masei corpurilor rezultate prin descompunerea electrolitică.
Descompune săruri de argint, de cupru, de staniu. Măsoară intensitatea curentului și timpul de trecere a curentului, produsul valorilor acestor două mărimi (intensitate și timp) fiind definit drept cantitate de electricitate, pentru care unitatea de măsură este coulombul (amper X secundă). Măsoară masa metalului depus la catod. Pe baza tuturor acestor măsurări, Faraday ajunge la două concluzii care reprezintă generalizarea tuturor rezultatelor măsurărilor.

[1] Lecțiile lui Faraday despre flacără, strînse în *Istoria unei candele*, sînt un adevărat poem, model strălucit de conferințe de popularizare a științei. În paginile acestei pasionante istorii vorbește experimentatorul, profesorul îndrăgostit de subiectul predat, omul care a cunoscut setea celor ținuți departe de sursele culturii și care se simte dator să devină dascălul celor din mijlocul cărora s-a ridicat.
[2] Deosebirile de tensiune nu intervin în acest raționament, deoarece nu era vorba de caracterizarea puterii. De altfel problema tensiunii, rezistenței, puterii, apare mai tîrziu.

Prima concluzie: În toate cazurile descompunerii unei substanțe cu ajutorul electricității, *masa corpului obținut prin electroliză este direct proporțională cu cantitatea de electricitate* care a străbătut soluția, indiferent de electricitatea folosită. Dacă un coulomb de electricitate face să se depună la catod n grame de argint, m grame de staniu, p grame de cupru, atunci 2 coulombi vor determina depunerea a $2n$ grame de argint, $2m$ grame de staniu, $2p$ grame de cupru; 3 coulombi vor depune $3n$ grame de argint, $3m$ grame de staniu, $3p$ grame de cupru. Și așa mai departe. Această concluzie formează prima lege a lui Faraday. Ea apare atît de evidentă... Înainte de a fi fost dovedită experimental, ea nu era însă decît o probabilitate și înainte de lucrările lui Faraday nu existau nici mijloacele de a pune în evidență cantitatea de electricitate, necum să se stabilească acest *raport cantitativ* dintre electricitate și substanță.

A doua concluzie a lui Faraday este mult mai puțin „de la sine înțeleasă". Faraday stabilește că aceeași cantitate de electricitate (96 540 de coulombi)[1], care eliberează un gram de hidrogen din apă acidulată, eliberează 8 grame de oxigen, 35,5 grame de clor din clorură de sodiu, 107,9 grame de argint din azotat de argint, 63,5 grame de cupru din sulfatul cupros. Așadar, din punctul de vedere al acțiunii de descompunere a curentului electric, avem o echivalență între masele de substanțe. Un gram de hidrogen este echivalent cu 8 grame de oxigen, cu 35,5 grame clor etc. Aceste numere: 1,8, 35,5, 107,9... caracteristice fiecărui element sînt numite de Faraday echivalenți chimici. Surprinzător era faptul că aceste numere se suprapuneau, practic, peste masele atomice ale elementelor cunoscute pe atunci sau erau jumătate sau o treime din aceste mase.

Ele reprezentau, de fapt: masa atomică împărțită la valența elementului, adică tocmai *echivalenții-gram* ai substanțelor respective.

Masa de substanță depusă electrolitic de un curent electric se arată a fi proporțională cu acești echivalenți chimici. O cantitate de electricitate de 2 faraday (un faraday a fost numele dat ulterior cantității de 96 540 coulombi) va depune 2 echivalenți-gram din orice substanță; 3 faraday vor depune 3 echivalenți-gram și așa mai departe.

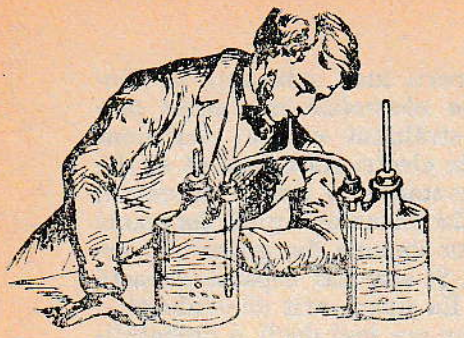
A doua lege punea în evidență influența electrolitului, cea dintîi, influența curentului.

Luate la un loc, cele două legi s-ar putea exprima astfel: Masa de substanță depusă electrolitic este proporțională cu cantitatea de electricitate și cu echivalentul-gram al substanței.

Pe baza legilor sale, Faraday a putut stabili niște caracteristici esențiale pentru întreaga cercetare și industrie electrochimică. A numit *echivalent electrochimic* cantitatea de substanță depusă electrolitic de 1 coulomb. Fiecare element își are propriul său echivalent electrochimic (hidrogenul: 0,01044 mg/coulomb; argintul: 1,118 mg/coulomb etc.)

A doua lege a electrolizei împingea cu forța evidenței spre concluzia că fiecărui atom îi este asociată o anumită cantitate de electricitate. Bazele experimentale ale unei teorii electrochimice cantitative erau astfel puse.

[1] 96 540 coulombi se obțin prin trecerea unui curent de aprox. 26,8 amperi timp de o oră: 26,8 A $\times$ 3 600 s $\approx$ 96 540.



Faraday experimentînd. După cartea lui Faraday *Istoria unei candele*

<

Echivalenții electrochimici stabiliți de Faraday au stîrnit discuții aprinse între chimiști. Berzelius punea la îndoială — cu argumente raționale — legea lui Faraday[1]. Alți chimiști subliniau nepotrivirile între echivalenții electrochimici și numerele proporționale deduse din legile lui Gay-Lussac. Dar toate experiențele ulterioare au dovedit valabilitatea legii. Mai tîrziu cînd s-au elaborat teoria valenței și teoria conducerii curentului prin electroliți, divergențele puse în evidență de chimiști, în timpul lui Faraday, și-au găsit explicațiile și semnificațiile.

Legile electrolizei descoperite de Faraday sînt un exemplu tipic de progres al cunoașterii prin generalizarea datelor experienței.

Ideea, instrumentul, măsurarea, sinteza rezultatelor: legea.

Toate experiențele lui Faraday sînt gîndite în vederea descoperirii raporturilor cantitative. Autodidactul Faraday nu folosea limbajul relațiilor matematice, dar totul era atît de riguros, formulările erau atît de fără echivoc, de parcă exprimau în cuvinte relații matematice. Ceea ce spunea Maxwell — în prefața la tratatul său de electricitate și magnetism (1873) — despre lucrările de fizică ale lui Faraday se potrivește și pentru cele de chimie: „Pe măsură ce adînceam studiul lui Faraday — scrie Maxwell — îmi dădeam seama că metoda sa de înțelegere a fenomenelor avea un caracter matematic, deși nu ne este oferită în veșmintele formulelor matematice îndeobște cunoscute".

Faraday își încheia, în 1834, lucrările experimentale. Dar pentru a definitiva lucrările, el stabilește o nomenclatură proprie electrochimiei, care este și astăzi utilizată. În acest an inventează termenii: electroliză, electrolit, electrozi, anod, catod, ion, anion, cation.

Începînd cu anul 1835, el trece la celebrele lucrări experimentale și teoretice care fundamentează electromagnetismul.

Cu modestie, Faraday obișnuia să spună: „Davy a fost un geniu, eu sînt un talent. Cel mai mare talent vine în urma celui mai mic geniu". Prin geniu el înțelegea pe creator, pe deschizătorul de drumuri noi; prin talent, pe omul lucrărilor sistematice, care dezvoltă opera geniului. Prin lucrările sale asupra electromagnetismului, care au umplut tot restul vieții sale active, Faraday descrie căi noi în cercetare. Se știe ce rol uriaș pentru dezvoltarea fizicii a avut fundamentarea electromagnetismului. Este însă demn de subliniat că unul din fenomenele descoperite de Faraday în anul 1851, în cadrul lucrărilor sale asupra magnetismului, și anume paramagnetismul oxige-

[1] Legile lui Faraday erau în aparentă contradicție cu teoria electrochimică dezvoltată de Berzelius, care considera că afinitatea chimică este expresia legăturii electrice în moleculă. Or, pentru diferite combinații, afinitățile diferite ar fi trebuit să se manifeste prin travalii de descompunere diferite. Considerînd că travaliul (lucrul mecanic) ar fi proporțional cu cantitatea de electricitate, Berzelius susținea cu tărie că această cantitate de electricitate trebuie să difere de la combinație la combinație. Desfacerea sodiului de clor, de pildă, ar fi trebuit să ceară altă cantitate de electricitate decît desfacerea sodiului din orice altă combinație.

nului[1] este astăzi folosit ca principiu de măsurare a concentrației oxigenului în amestecuri gazoase. Aparatele paramagnetice de măsurat concentrația oxigenului sînt utilizate pentru conducerea arderii combustibililor în marile instalații industriale, precum și în uzinele în care se produce oxigen, ca instrument de determinare a purității oxigenului gazos.
Iar ultima lucrare pe care o comunică Faraday (în anul 1857) este o lucrare experimentală de chimie. El obține, prin reducerea cu fosfor galben a unei soluții foarte diluate de clorură de aur, un lichid roșu-rubin, care este un hidrosol de aur.

Electrochimie aplicată. B. S. Iakobi (1801–1874)

În anii în care, în Anglia, Faraday elabora legile electrolizei, în Rusia, Iakobi lucra la aplicațiile practice ale curentului electric.
Iakobi s-a născut cu 10 ani după Faraday. A studiat la Göttingen arhitectura și a devenit, în 1837, profesor de arhitectură urbană, dar a lucrat cu pasiune la problemele inepuizabile ridicate de pila galvanică.
Îl urmărea înfăptuirea unei idei îndrăznețe: un motor acționat cu ajutorul curentului electric. El izbutește să proiecteze, în 1834, un electromotor acționat de o baterie compusă din 320 de elemente zinc-cupru. Este prima încercare din lume de a transforma energia electrică în energie mecanică. Fără să părăsească nici o clipă gîndul utilizării electromotorului său, Iakobi lucrează 4 ani la perfecționarea lui.
„Comisia însărcinată cu aplicarea forței electromagnetice și a mașinilor după metoda profesorului Iakobi", numită de Academia de Științe din Petersburg, dădu un referat favorabil în iulie 1837. În luna septembrie a aceluiași an, locuitorii Petrogradului, strînși pe cheiurile și podurile Nevei, avură un spectacol extraordinar. O corabie lungă de 8 metri și lată de 2,6 metri, fără pînze și fără lopeți, cu 12 oameni la bord, înainta pe Neva, împotriva curentului, fără zgomot, fără să scoată abur sau fum.
Pentru perfecționarea motorului său, Iakobi a cercetat atent fenomenele ce se produc în elementele generatoare de curent.
În același an (1836) cu englezul John Frederick Daniell (1790—1845), inventatorul pilei care-i poartă numele, Iakobi observă că pe electrodul negativ al pilei se depune un strat fin și continuu de cupru metalic. Daniell consemnează, în treacăt, observațiile. Iakobi atacă experimental problema. Pentru aceasta, cufundă într-un vas cu soluție de sulfat de cupru două bare de metal: una de cupru, legată printr-un fir conductor de polul pozitiv al pilei (anodul) și alta legată de catodul pilei generatoare de curent. Observă sistematic depunerea cuprului de la anodul băii pe catod. Posibilitatea îndepărtării ușoare a stratului de cupru de pe catod și faptul că suprafața cuprului depus reproducea exact neregularitățile catodului reținatenția cercetătorului.

[1] Proprietatea oxigenului gazos de a fi atras către zona de intensitate maximă a unui cîmp magnetic neomogen.

El studiază cantitativ fenomenul depunerii. Măsoară concentrația sulfatului de cupru înainte și după experiență. Concentrația rămîne, practic, constantă. În schimb, anodul de cupru pierde în greutate. Așadar, se produce un transport de material de pe anod pe catod, prin intermediul electrolitului. Pe măsură ce soluția de sulfat de cupru depune metalul, ea se reîmbogățește cu metal pe seama anodului de cupru din baia electrolitică. Cîntărind catodul și anodul înainte și după experiență, el constată că pe catod se depune tot atîta cupru cît pierde anodul.

Iakobi schimbă condițiile experienței. O baie cu soluție de azotat de argint, în care introduce o bară de argint și una de cupru, formează vasul de electroliză. Bara de cupru este legată la polul negativ (catodul) al unei pile producătoare de curent; bara de argint, la polul pozitiv (anodul) al aceleiași pile.

Argintul se depune, de astă, dată, pe cupru. Aceeași reducere a masei anodului (de astă dată, de argint), aceeași depunere la catod (de astă dată argint pe cupru). Ideea aplicației acestui fenomen de transport fin a metalului, cu ajutorul curentului, devine irezistibilă.

Este oare nevoie să se folosească drept catod un metal? Singura condiție era, desigur, ca obiectul de la catod să fie bun conducător de electricitate. Un strat de grafit era suficient. Cercetătorul folosește drept catod un corp oarecare acoperit cu un strat de pulbere de grafit. Fenomenul depunerii se reproduce.

Aplicația capătă contur definitiv în mintea experimentatorului. El aplică medalii și monede de metal pe ceară înmuiată la căldură și obține, astfel, tiparul în ceară al medaliilor și monedelor. Acoperă tiparele de ceară cu un strat fin de pulbere de grafit. Atîrnă modelul astfel pregătit — drept catod— în baia de sulfat de cupru. Anodul este o bară de cupru. Metalul se acoperă cu un strat de cupru fin, care urmează fiecare detaliu al monezii sau medaliei.

Așa s-a descoperit galvanoplastia, care este în fond o metodă de reproducere în metal a unei forme, cu ajutorul curentului electric.

Comunicîndu-și invenția, Iakobi însoțește scrisoarea adresată lui S.S. Uvarov, președintele academiei, cu o gravură electrolitică în cupru a numelui său. Iakobi trimite mostre de reproduceri galvanoplastice la Paris, la Londra. Faraday își declară deschis, într-o scrisoare de răspuns, admirația pentru realizarea lui Iakobi. Arago comunică Academiei din Paris descoperirea, recunoscînd, fără rezerve, prioritatea savantului rus.

Galvanoplastia era un început. Sute de experimentatori din toate țările lumii au dezvoltat această aplicație a curentului electric: depunerea de metal prin transport electric. Acoperirea metalelor cu strat fin de nichel, de crom, de cobalt, de argint, de aur, va deveni o ramură practică a electrochimiei sub numele de galvanostegie sau acoperire galvanică. Nu există astăzi uzină mai mare care să nu-și aibă atelierul ei de nichelare sau cromare galvanică.

Experiențele lui Iakobi au pus la dispoziția tehnicii mondiale un instrument de protecție a metalelor împotriva coroziunii și un mijloc de înfrumusețare a pieselor de aparate.

Concomitent cu descoperirea legilor ei, electrochimia devenea un procedeu industrial.

XIV. Triumful atomisticii. Relații cantitative

În deceniile premergătoare și în anii în care pila lui Volta deschidea căile electrochimiei, o serie de cercetători foloseau străvechiul și veșnic noul instrument al chimiștilor, balanța, pentru stabilirea relațiilor cantitative între substanțele intrate și rezultate din reacțiile chimice. Se cîntăreau acizii, bazele și sărurile înaintea dizolvării lor în apă; se cîntăreau apoi precipitatele obținute din reacții. Analiza gravimetrică era la ordinea zilei.

J. B. Richter (1762–1807)

Richter n-a fost profesor de chimie, ca mai toți contemporanii lui, cercetători în domeniul acestei științe. Era un chimist practician. Faptul de observație de la care a pornit Richter era de maximă simplitate: soluția obținută prin amestecarea a două soluții de săruri diferite rămîne neutră ca fiecare din cele două soluții înainte de amestecare. El ia, de pildă, o soluție de azotat de barită[1] și de sulfat de potasă. Se formează un precipitat de sulfat de barită (sulfat de bariu) și rămîne în soluție azotat de potasă (de potasiu). Soluția nu schimbă culoarea hîrtiei de turnesol; ca și înaintea reacției — ea este neutră. *Calitatea* soluției nu s-a schimbat; ea n-a devenit nici acidă, nici bazică. O simplă constatare calitativă, care trecea neobservată. Părea firesc și de la sine înțeles că amestecînd două soluții neutre să obții o soluție la fel de neutră.

Din această constatare calitativă, Richter trage concluzia că în schimbul de substanțe intervenit în această reacție, acidul azotic se găsește în sarea azotat de potasă, în cantitatea necesară (nici mai mult, nici mai puțin) pentru a neutraliza potasa din sulfatul de potasiu. Dacă ar fi altfel, dacă masa de acid care neutralizează barita n-ar fi echivalentă cu aceea necesară pentru a neutraliza potasa, atunci prin reacția de dublă descompunere (prin care barita ia locul potasei) s-ar produce un exces fie de acid, fie de

[1] Pe vremea lui Richter, sărurile erau considerate drept substanțe compuse din acid și bază; de aici numele de azotat de barită (barită fiind baza), în loc de azotat de bariu, cum am spune astăzi; la fel azotat de potasă, în loc de azotat de potasiu. De altfel bariul și potasiul nici nu erau cunoscute ca elemente.

bază, care ar putea fi uşor pus în evidenţă cu hîrtie sensibilă la acid sau bază. Într-adevăr, să ne închipuim că barita ar cere mai mult acid pentru neutralizarea ei decît potasa. Aceasta ar însemna că barita ar consuma tot acidul din sulfatul de potasă pentru a se precipita parţial şi deoarece această cantitate nu i-ar ajunge, soluţia ar avea un exces de barită neprecipitată, rămasă ca azotat de barită; în schimb potasa, fără acid, ar alcaliniza soluţia. Aşadar, experienţa conducea la ideea unei echivalenţe ponderale. Dacă luăm, să zicem, 1 000 de părţi în greutate dintr-un acid şi încercăm să-l neutralizăm cu diferite baze, vom avea nevoie de, să zicem, 500 de părţi în greutate dintr-o bază oarecare A, 700 de părţi în greutate dintr-o altă bază B, 1 200 părţi în greutate dintr-o altă bază C, şi aşa mai departe. Numerele 500, 700, 1 200 sînt echivalente între ele şi echivalente cu primul număr 1 000, din punctul de vedere al capacităţii de neutralizare. O concluzie strict *cantitativă* dedusă dintr-o constatare *calitativă*. Calitatea are un corespondent cantitativ.

Richter foloseşte matematica la exprimarea rezultatelor experimentale. El scrie şiruri de numere care exprimă cantităţile de diferite baze necesare pentru a neutraliza o aceeaşi cantitate — luată ca unitate — a unui anumit acid de referinţă. Apoi face acelaşi lucru pornind de la o bază de referinţă. Numeşte şirurile de numere astfel obţinute: şir al maselor, şir al neutralităţii. Entuziasmat de propriile-i rezultate, el trage însă concluzii false, generalizînd prea grăbit. Susţine astfel că numerele care reprezintă cantităţile de bază ce saturează un acid dat variază în progresie aritmetică, iar cantităţile de acizi care saturează o bază dată variază în progresie geometrică. Această concluzie bazată pe unele determinări incorecte a fost una dintre cauzele pentru care lucrările lui Richter nu inspirau încredere.

Concluziile lui aritmetice (1792) nu aveau nici suportul teoretic pe care avea să-l aducă introducerea şi generalizarea noţiunii de atom. De aceea, chiar concluziile cantitative juste şi esenţiale ale acestui chimist au fost multă vreme trecute cu vederea, ca şi cele asemănătoare ale predecesorului său Karl Friederich Wenzel[1] (1740—1793) din Friberg.

Richter era convins de însemnătatea descoperirii lui şi de necesitatea fundamentării experimentale şi matematice a legilor chimice. În această privinţă el îl urmează strict pe Lomonosov. Măsurarea atentă a maselor de substanţe intrate în reacţie şi însemnarea riguroasă a rezultatelor el le numeşte „arta măsurării elementelor chimice", botezîndu-le cu numele grecesc de stoichiometrie, nume folosit şi astăzi.

Dar pe vremea cînd Richter, rămas încă pe vechile poziţii flogistice, îşi publica lucrările, lumea chimiştilor asculta glasul lui Lavoisier. Marile probleme experimentale şi teoretice ridicate de Lavoisier aruncau un cerc de lumină prea puternic pentru ca în umbra din jurul acestui cerc să nu se piardă semnificaţia unor experienţe şi idei chiar esenţiale, ca acelea ale lui Richter.

[1] Înaintea lui Wenzel s-au ocupat de problema sărurilor Rouelle şi Baumé, care au încercat să le clasifice şi să le caracterizeze, fără însă a efectua determinări cantitative. Wenzel a studiat pentru prima oară, pe bază de experienţe cantitative, reacţiile de dublă descompunere a sărurilor, demonstrînd că pentru a satura o cantitate dată dintr-o bază oarecare sînt necesare diferite cantităţi de diferiţi acizi, dar care trebuie luate totdeauna în aceeaşi proporţie. El n-a stabilit însă numeric raporturile între cantităţile (în greutate) de acizi şi baze care se saturează între ele. Richter a fost acela care a stabilit aceste numere, fundînd astfel *legea echivalenţei*.

O controversă de șapte ani. Proust (1755~1826) și Berthollet (1748~1822)

J. Proust își începe activitatea experimentală la Madrid, în anul 1787, la vîrsta de 22 de ani, punînd în evidență faptul că apa de mare conține argint. Se anunță astfel ca un om al determinărilor precise.

În 1798 Proust demonstrează experimental existența unui „suboxid" de cupru, pe lîngă oxidul cupric (CuO) negru, cunoscut din vechime. El prepară acest suboxid (oxidul cupros: Cu_2O) care conține jumătate din cantitatea de oxigen corespunzătoare oxidului, tratînd clorura de cupru (preparată tot de el din clorură de zinc și săruri de cupru) prin încălzire cu potasă. Faptul că oxidul cupric conține, pentru aceeași cantitate de cupru, o cantitate dublă de oxigen față de oxidul cupros, îi reține atenția. Se cunoșteau și pentru azot mai mulți oxizi. Se cunoșteau mai multe sulfuri ale mercurului. Combinarea a două elemente se poate oare face în orice proporție cantitativă? Această întrebare impusă de materialul experimental devine problema centrală a cercetărilor chimistului de la Madrid.

Cu cele mai fine mijloace ale timpului, Proust analizează compoziția corpilor cunoscuți pe vremea lui. Stabilește astfel, în 1801, compoziția cinabrului, combinație de sulf cu mercur.

Nenumăratele analize pe care le face îl conduc la ideea proporțiilor strict definite în care se combină elementele pentru a da una și aceeași substanță compusă. Sprijinindu-se pe materialul experimental adunat, Proust dă pentru prima dată o expresie clară constatării că toate substanțele chimice din natură sau create în laborator se caracterizează prin proporțiile neschimbătoare ale maselor elementelor componente. El ridică la rangul de lege a naturii proporțiile definite în care se combină elementele.

Așadar, o anumită substanță cu însușiri definite (densitate, punct de topire, de fierbere etc., însușiri care se pot exprima și ele prin valori numerice) se caracterizează printr-un raport cantitativ determinat, întotdeauna același, între elementele componente.

Din nou calitatea determinată de cantitate.

Legea ponderală exprimată de Proust, legea proporțiilor definite, este însă contestată de Berthollet.

Claude Berthollet neagă existența compușilor de compoziție constantă.

Claude Berthollet fusese cel mai apropiat colaborator al lui Lavoisier. Ber-

>

Claude Berthollet

thollet era un experimentator pasionat și, în același timp, un subtil teoretician.
Între altele, a elaborat o metodă de albire cu clor, care s-a introdus rapid în albitoriile de bumbac din Anglia.
Berthollet a fost acela care a dovedit, pe cale experimentală, prin analize impecabile, că hidrogenul sulfurat și acidul prusic (cianhidric) nu conțin oxigen. Acizi fără oxigen. Aceste fapte contraveneau ideii fundamentale a teoriei lui Lavoisier. Berthollet nu poate evita faptele, dar le consemnează doar ca o excepție la legea lui Lavoisier.
Un om ca Berthollet nu putea, evident, să nege pur și simplu faptele experimentale relevate de Proust. Berthollet se bazează pe o teorie în care crede cu nestrămutată convingere și care pornește, și ea, de la fapte experimentale. El arată că atunci cînd două substanțe reacționează între ele, reacția nu se produce niciodată numai într-un sens, ci în ambele sensuri. La un moment dat, se stabilește un echilibru. De condițiile acestui echilibru, depinde compoziția substanței rezultate, care nu este deci *definită*, ci variabilă.
Ca exemplu tipic de reacție care se poate petrece și într-un sens și în altul, Berthollet alege reacția dintre var (hidroxid de calciu) și carbonat de potasiu. Varul scoate acidul carbonic dintr-o soluție de carbonat de potasiu și se formează sodă caustică și carbonat de calciu; așadar, varul este mai puternic decît potasa, în raport cu acidul carbonic; dar și invers, dacă se fierbe carbonat de calciu cu o soluție foarte concentrată de potasă caustică, se formează var și carbonat de potasiu. Așadar, reacțiile pot avea loc și într-un sens și în altul. Că analiza dă rezultate care duc la ideea unei proporții constante între elementele componente, aceasta s-ar datora faptului că se analizează substanțe care au rezultat în condiții identice de reacție. Aceste substanțe sînt produsele unui echilibru între forțele chimice. Posibilă este însă și altă proporție. Schimbînd condițiile reacției, deci condițiile de echilibru, se schimbă și proporția relativă dintre componenții substanței rezultate din reacție.
Ca o dovadă supremă, Berthollet indică produșii obținuți la oxidarea metalelor. Se obține, într-adevăr, un compus volatil de compoziție definită, cînd ardem zincul; dar la calcinarea plumbului metalul devine întîi cenușiu, apoi încetul cu încetul galben și, în sfîrșit, roșu, fără să avem nici o indicație că s-ar fi format un oxid de compoziție constantă.
Nu era ușor să clintești autoritatea unui Berthollet. Nu era simplu nici să-i răstorni argumentele. Dar este vorba tocmai de oxizi. Acolo Proust se află la largul lui. El a studiat suboxizii și oxizii, a analizat sute de combinații ale metalelor și metaloizilor cu oxigenul. Ceea ce este valabil în cazul cuprului este valabil și în cazul fierului, al plumbului, al oricărui alt metal. Nu este vorba despre o variație continuă a proporției de oxigen, ci de substanțe diferite, de oxizi diferiți. Unul are mai mult oxigen, altul mai puțin, dar în oricare oxid separat, luat în parte, proporția dintre cantitatea de oxigen și de metal este constantă.
După 7 ani de controverse, legea pusă în evidență de Proust iese învingătoare. În fața faptelor experimentale, concluziile teoretice hazardate sînt spulberate. Ideea preconceptă este respinsă de fapte.
Cînd vorbim de „idee preconceptă" nu ne referim la esența concepției lui Berthollet. Ea era justă în fond. Într-adevăr, apariția unei substanțe dintr-o reacție este rezultatul unui moment de echilibru și este exclus ca

substanța obținută să nu fie întovărășită și de alți produși de reacție. Mai mult chiar; este teoretic adevărat că nu obținem niciodată o substanță absolut pură, așa cum nu putem obține vidul absolut. Nici cu metodele moderne de separație și purificare — prin care puritatea substanței este împinsă pînă la 1 atom de substanță străină la 1 000 000 de atomi de substanță purificată, prin care puritatea chimică a depășit puritatea spectrală (impuritățile devin nedecelabile spectroscopic), iar cea spectrală de cea atomică (impuritățile devin nedecelabile prin spectrometrul de masă) — nu putem obține substanțe absolut pure. Înseamnă oare aceasta că se poate nega realitatea existenței substanțelor cu proporție definită a elementelor componente?

Berthollet greșea aici, absolutizînd relativitatea purității substanțelor. Or, chimiștii preparau pentru nevoile industriei și mai ales ale laboratorului săruri practic pure, în care — cu mijloacele epocii lor — nu se mai puteau descoperi urme de corp străin. Ei preparau oxizi practic puri, aicizi practic puri, substanțe cu proprietăți practic identice, cu același punct de topire, cu același punct de fierbere, cu aceeași densitate, în limita erorilor experimentale.

Cu legea proporțiilor definite se întronează o nouă certitudine chimică. Un nou instrument al cunoașterii substanțelor este cucerit. Abia acum substanța chimică, specia chimică, capătă definirea ei clară. Substanța compusă, combinația chimică, se delimitează de amestec. Și ambele, de soluție.

Dalton (1766-1844) și „noul sistem al filozofiei chimice"

Era fiul unui țesător „la domiciliu" din Westmorland. Autodidact, ajuns profesor de școală elementară, Dalton se ocupă, în orele de răgaz, cu fizica și cu matematica. Prea mult nu poate face în condițiile existenței lui sărăcăcioase de învățător englez. Înclinația lui spre cercetarea fenomenelor naturale se vădește însă chiar în aceste condiții. Suferind de un defect al vederii descris vag de cîțiva cercetători înaintea lui, el cercetează cu minuțiozitate propriul său defect: incapacitatea de a distinge unele culori (în special confundarea verdelui cu roșul). Dalton se observă ca pe un obiect exterior de cercetare. Consemnează senzațiile, experimentînd cu diferite culori preparate în mod special. Descrierea lui Dalton este un model clasic de observație. De la numele lui a rămas și numele acestei boli: daltonism.

Obținînd o catedră la Manchester, el începe o serie de experiențe cu gazele. Era o problemă a zilei. Descoperă rînd pe rînd legea presiunilor parțiale în amestecuri de gaze (1802), legea absorbțiilor parțiale (1803), legea tensiunilor de vapori (1804).

Cînd John Dalton exprima (1807), cu toată siguranța, legea proporțiilor multiple, el se baza pe un material experimental bogat, strîns de o întreagă generație de chimiști, care i-a urmat lui Lavoisier.

John Dalton

<

Legea proporțiilor multiple găsea terenul pregătit de lucrările lui Richter și Proust, de determinările experimentale ale lui William Hyde Wollaston[1]. O expresie simplă a legii proporțiilor multiple ar fi următoarea:

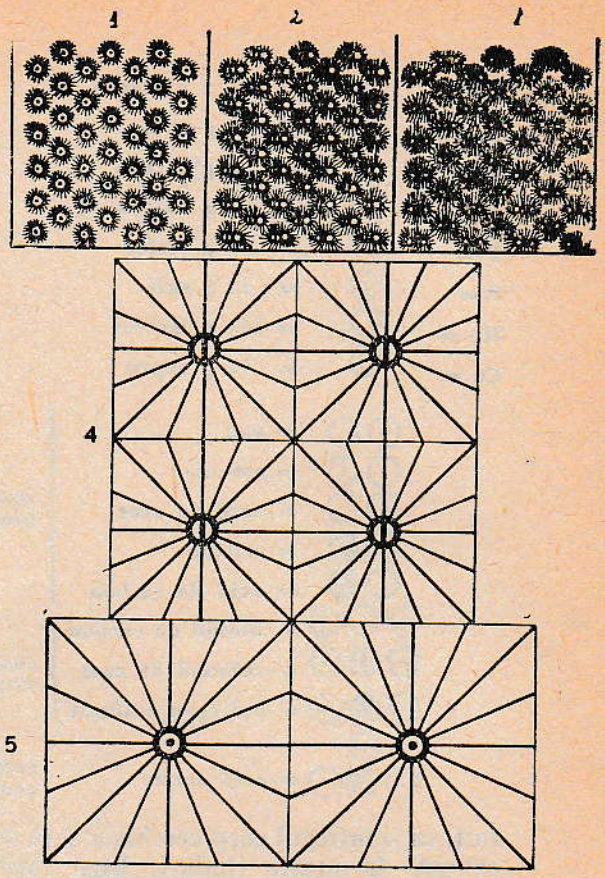
Dacă două corpuri A și B pot da mai multe combinații între ele, atunci există un raport simplu între diferitele mase ale unuia dintre elemente, care se combină cu o masă fixă din cel de-al doilea element. Dacă, de pildă, *m* grame din corpul A dau o combinație cu *n* grame din corpul B, într-o a doua combinație aceleași *m* grame din corpul A se vor combina cu 2 *n* grame din corpul B, în a treia combinație diferită cu 3 *n* grame din corpul B etc. Astfel proporția lui B devine de două ori, de trei ori mai mare în diferitele combinații posibile între A și B.

Între schițele, notele și fragmentele din lucrarea lui Engels, *Dialectica naturii*, se găsesc cîteva note privitoare la chimie. În una dintre ele, Engels arată cum unele metode vechi și practice, bune pentru o ramură a științei, pot deveni piedici în calea înțelegerii lucrurilor, atunci cînd sînt trecute în alte ramuri ale științei. El dă ca exemplu folosirea calculului în procente aplicat în chimie, calcul care a mascat multă vreme înțelegerea proporțiilor în care se combină elementele între ele.

Într-adevăr, pînă la Dalton s-a folosit în chimie metoda exprimării în procente a compoziției corpurilor. Se spunea, de pildă: oxidul de carbon conține 43% carbon și 57% oxigen, iar bioxidul de carbon 27% carbon și 73% oxigen. Comparînd între ele cifrele acestea, nu aflăm mare lucru. Putem spune doar că prima combinație este mai săracă în oxigen decît a doua.

Dar să încercăm să exprimăm același lucru altfel, și anume, să vedem cîte părți (în greutate) de oxigen avem pentru o parte de carbon, în cea dintîi și în cea de-a doua combinație.

[1] Fizico-chimist englez ale cărui lucrări originale au fost comunicate între anii 1798 și 1828. A descoperit paladiul (1803) și rodiul (1804); a demonstrat valabilitatea legii proporțiilor definite prin experiențe simple și intuitive, pentru cazul sărurilor acide și neutre (bicarbonatul și carbonatul de sodiu). A lucrat în domeniul electricității și opticii, al metalurgiei platinii; a elaborat una dintre primele tabele de mase atomice după apariția teoriei atomice a lui Dalton. În 1828, a elaborat un procedeu de obținere a lingourilor de platină (dizolvarea fragmentelor de platină în apă regală, precipitarea cu clorură de aur, aducerea la incandescență a precipitatului presat și topirea prin ciocănire la cald), folosit multă vreme ca procedeu industrial.



„Atomii" lui Dalton

1. hidrogen
2. gaz nitros
3. acid carbonic
4. locul ocupat de atomii de azot față de:
5. locul ocupat de atomii de hidrogen

Făcînd socoteala, aflăm că la o parte carbon avem 4/3 părți oxigen în prima combinație și 8/3 părți oxigen în a doua combinație. De astă dată apare evident faptul că în a doua combinație avem pentru o anumită cantitate de carbon de 2 ori mai mult oxigen decît în prima combinație. Înlocuirea metodei de exprimare a compoziției substanțelor în procente prin metoda exprimării compoziției în părți în greutate, a fost prima mișcare prin care Dalton ridica vălul care ascundea privirilor chimiștilor legea proporțiilor multiple. Prin aceasta, s-a putut vedea că în diferite combinații pe care le pot da două corpuri simple, creșterea proporției în care se găsește unul dintre corpuri față de celălalt nu este oarecare, ci este o creștere de la simplu la dublu, la triplu și așa mai departe.

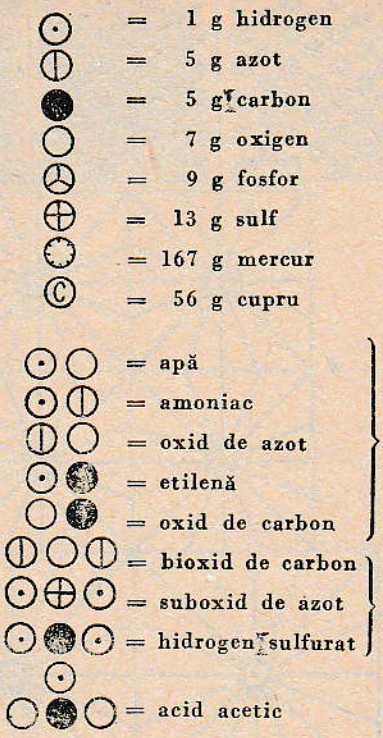
Dalton n-a făcut decît o singură experiență pentru demonstrarea legii proporțiilor multiple: analiza comparativă a gazului de baltă (combinație a carbonului cu hidrogenul: metanul) și a gazului olefinic (altă combinație a carbonului cu hidrogenul). El a arătat că la aceeași masă de hidrogen, a doua combinație conține de două ori mai mult carbon.

Analizele lui Dalton, ca și ale predecesorilor lui, erau afectate de erori destul de mari, dar forța de pătrundere a legii proporțiilor multiple se datorește faptului că ea a fost reluată în cartea *Noul sistem al filozofiei chimice* (1808) și fundamentată pe ipoteza atomică.

Pe baza acestei ipoteze, pe care Galilei o introducea în tratarea problemelor generale ale mecanicii, iar Newton o amintea în legătură cu proprietățile generale ale substanțelor, a prevăzut Lomonosov, cu 60 de ani înaintea lui Dalton, descoperirea legii proporțiilor multiple. Atomul este indivizibil. Atomii aceluiași element sînt egali între ei, au aceeași masă și dacă un atom din corpul A se combină cu unul, doi sau trei atomi de corpi B, proporția de B nu poate crește decît de două ori, de trei ori și așa mai departe. Nu poate fi vorba despre combinarea cu un atom și jumătate sau cu un atom și trei sferturi.

O asemenea prezentare a problemei combinațiilor avea o deosebită forță intuitivă. Experiența era chemată să confirme sau să infirme ipoteza. Dacă într-adevăr legea proporțiilor multiple se verifica experimental în cazurile

Simbolurile și formulele lui Dalton



particulare, se verifica și ipoteza care stătea la baza ei. Ori, legea se verifică. Dacă atomii sînt indivizibili, deci nu se pot uni decît ca elemente întregi, atunci constanța raportului dintre numărul de atomi ai unei molecule (corpusculi, în expresia lui Lomonosov) trebuie să se manifeste și macroscopic prin constanța raportului dintre părțile componente ale unei combinații. „Un corp combinat — spune Lomonosov — este acela care-i alcătuit din două sau mai multe elemente diferite, unite astfel între ele încît fiecare corpuscul al său se află în același raport față de părțile elementelor din care este alcătuit, ca și întregul corp combinat față de diferitele elemente întregi". Găsim expusă, în aceste rînduri, baza rațională a legii proporțiilor multiple. Dalton exprimă riguros, aritmetic, legea proporțiilor multiple. O demonstrează printr-o experiență și o fundamentează pe toate experiențele anterioare. O interpretează în lumina ipotezei atomice. Trage din această ipoteză concluzii care se supuneau verificărilor experimentale. De-abia acum, ipoteza începea să devină teorie. Fizicienii și chimiștii începeau să „simtă" existența atomilor.

Ipoteza atomistă îi conducea pe chimiști la ideea maselor atomice caracteristice pentru fiecare element. Rămînea să se aleagă un element de referință și să se atribuie atomilor acestui element o cifră de masă, în raport cu care să se stabilească masele oricărui alt atom.

S-a luat ca element de referință hidrogenul, atribuindu-i-se masa atomică 1; s-a luat de către alții oxigenul, căruia i s-a atribuit masa atomică 10. În sfîrșit, alții au luat tot oxigenul ca element de referință, atribuindu-i însă masa atomică 1. Dalton și contemporanii săi nu distingeau molecula de atom. Ei vorbeau de atomi de hidrogen, dar și de atomi de hidrogen sulfurat sau de acid fosforos. În această privință ei rămîneau în urma lui Lomonosov, care deosebește particulele elementelor de cele ale corpurilor compuse.

Erorile în stabilirea maselor atomice și această confuzie între particulele de substanțe simple și de combinații se văd din tabelul de mai jos, reprodus (numai primele 14 substanțe) după dicționarul de chimie al lui Andrew Ure[1].

[1] Andrew Ure, *op. cit.*, p. 537.

Tabel

prezentînd greutățile[1] atomilor tuturor substanțelor cercetate cu grijă pînă în ziua de astăzi

	Greutatea atomului de hidrogen = 1	Greutatea atomului de oxigen = 1
Hidrogen	1	0,125
Carbon	6	0,750
Bor	7	0,875
Oxigen	8	1,000
Siliciu	8	1,000
Hidrogen carbonat (metan — *N.A.*)	8	1,000
Aluminiu	9	1,125
Apă	9	1,125
Litiu	10	1,250
Magneziu	12	1,500
Fosfor	12	1,500
Hidrogen fosforat	13	1,625
Azot	14	1,750

Dacă ar fi stăpînit ideea de moleculă și ar fi știut că moleculele gazelor oxigen, hidrogen etc. sînt formate din cîte 2 atomi, ei ar fi dat oxigenului (față de hidrogen = 1) greutatea atomică 16 și nu 8; la fel în cazul apei ei nu i-ar fi dat greutatea 9 (oxigen = 8 și hidrogen = 1), ci 18 (oxigen = 16 și 2 hidrogen = 2).

Erorile în stabilirea maselor atomice nu schimbau însă fondul lucrurilor. Chimiștii cîștigau încrederea în propriile lor metode. Ei cîntăreau, la urma urmelor, atomii...

Nici astăzi nu s-a închis problema determinării tot mai precise a masei atomilor.

Este interesant de subliniat faptul că Dalton se întreba dacă atomii aceleiași substanțe sînt toți de aceeași mărime și greutate și răspundea afirmativ la această întrebare. Altminteri — susținea el — am putea obține probe de sulf pur care să se deosebească de alte probe de sulf pur. La fel cu alte elemente. Metodele fizice actuale ne îngăduie să separăm atomii de diferite mase, din același corp simplu; este vorba de izotopi.

Atomii de deuteriu sînt de două ori mai grei decît atomii de hidrogen cu masă 1. Ei sînt totuși atomi de hidrogen. Existența izotopilor este generală. Metodele din timpul lui Dalton nu permiteau însă asemenea separări. Masele atomice obținute de chimiști erau mase statistic-medii.

[1] Greutatea atomică *(атомный вес, poids atomique, Atomgewicht, atomic weight)*. Este expresia folosită pentru numărul care exprimă masa atomică relativă. Există o tendință de înlocuire a termenului *greutate atomică* prin termenul mai corect de *masă atomică*. O propunere în acest sens a fost făcută în cadrul lucrărilor I.S.O. (Organizația internațională de standarde) în care țara noastră este membră.

Confirmarea experimentală a ipotezei atomice ridica chimia pe o treaptă nouă. Pînă la sfîrșitul secolului al XVIII-lea ea rămăsese în faza acumulării de material. Începutul secolului al XIX-lea marchează trecerea la marile generalizări teoretice ale datelor experimentale — prima mare victorie, obținută pe acest tărîm fiind triumful ipotezei atomice. În jurul teoriei atomice-moleculare se va înălța de-a lungul secolelor al XIX-lea și al XX-lea edificiul tot mai impunător al concepțiilor teoretice ale noii chimii.

Astfel, ideile materialiste despre constituția atomică a substanței schițate pentru prima dată de vechii filozofi greci, deveneau un ghid al practicii de laborator. Nu mai era vorba însă nici de atomii lui Democrit și Epicur și nici măcar de aceia ai lui Galilei și Gassendi, lipsiți de orice particularități calitative. Era vorba acum de atomi deosebiți calitativ; fiecare element se caracterizează prin atomii săi, diferențiați deocamdată prin masa lor. Era un mare pas înainte față de concepțiile mecaniciste. Luminile proiectate de concepția atomistă peste materialul chimiei experimentale vor multiplica posibilitățile chimiștilor veacului al XIX-lea de a pătrunde în microcosmosul constituției substanțelor.

XV. Descoperirea moleculei. Legile gazelor

În anul 1804 se întorcea din călătoria sa în America Alexander Humboldt (1769—1859), marele naturalist și explorator german, care-și găsise în Paris o a doua patrie. Străbătuse America de Sud, apoi mările și insulele golfului Mexic, — timp de 5 ani. Cuferele sale de voiaj erau pline de mostre de minerale, de dosare cu observații geografice și meteorologice.

La Paris el își propune următoarea problemă: este constantă compoziția aerului sau ea variază în diferite puncte de pe glob, la diferite latitudini și altitudini? Pentru rezolvarea acestei probleme, el se adresă lui Claude Louis Berthollet, fost colaborator al lui Lavoisier.

Îi cerea lui Berthollet să-i recomande un chimist care ar putea să cerceteze cu competență toate metodele de analiză a aerului și să aleagă pe cea mai bună. Berthollet îl recomandă pe Gay-Lussac. Omul ales de decanul chimiștilor francezi avea 26 de ani. Savantul care a văzut crescînd două generații de chimiști nu putea să se înșele. Alexander Humboldt, pe atunci în vîrstă de 36 de ani, acceptă propunerea lui Berthollet.

Gay-Lussac pornește la treabă. Acest tînăr era un fizico-chimist format, care descoperise cu cîțiva ani înainte, în lucrarea sa de începător, o lege cu privire la variația volumului și presiunii gazelor cu temperatura. Era o lege tot atît de importantă ca aceea pe care o descoperise, la vremea sa, Boyle. *Chimistul sceptic* demonstrase că — indiferent de constituția gazelor — dacă două volume de gaze diferite se găsesc într-un raport dat (să zicem 1/3) la o anumită presiune, atunci la orice altă presiune, la care am supune cele două gaze, volumele lor s-ar găsi în același raport.

Gay-Lussac demonstrează experimental legea că — independent de compoziție — gaze diferite au aceeași creștere de volum (dacă presiunea se menține constantă) sau aceeași creștere în presiune (dacă volumul se menține constant) pentru o creștere de temperatură de un grad.

Humboldt era un pasionat al marilor întinderi spațiale și temporale. Îi plăcea să analizeze fenomenele naturale în dezlănțuirea lor: furtuni, cutremure, avalanșe. Fosilele din săpături îl inspirau la reconstituirea unor gigantice tablouri de istorie naturală. Cercetarea într-un laborator închis, cu mirosuri neplăcute de reactivi, cu tuburi fragile de sticlă, nu putea fi pe placul acestui cercetător pe mari dimensiuni. Dar iată-l venind tot mai des în laboratorul lui Lussac. Iată-l urmărind ca pe o aventură experiențele eudiometrice asupra aerului.

Gay-Lussac făcuse o primă operație de selecție. Pe sute de probe din același aer, sigilat în tuburi de sticlă, el a făcut analize repetate prin metoda de absorbție cu sulfură alcalină, a lui Scheele, metoda cu mercurul (care prindea oxigenul sub formă de oxid de mercur), a lui Lavoisier, metoda cu fosforul (prin ardere), metoda cu eudiometrul, folosită pe vremea aceea mai ales de Alessandro Volta. Rezultatele analizelor făcute pe baza absorbției oxigenului nu erau suficient de reproductibile. Abaterile de la un rezultat la altul erau prea mari, chiar dacă lua toate măsurile de precauție, chiar dacă lăsa mercurul timp de cîteva zile în contact cu oxigenul, pînă ce volumul rămînea mereu constant. Cu asemenea rezultate nu puteai ataca o problemă atît de delicată ca aceea a variațiilor probabile de compoziție ale aerului atmosferic. Chiar dacă asemenea abateri ar fi existat, ele ar fi fost mascate de erorile experienței. Și surse de erori erau **multe.**

Gay-Lussac încearcă o metodă proprie, bazată pe consumul — prin oxidare — a oxigenului dintr-un volum determinat de aer și pe măsurarea volumului de gaz rămas. În loc de mercur, folosește o placă de cupru umezită. Cuprul se oxidează și consumă astfel, încetul cu încetul la temperatură obișnuită și mai repede prin încălzire — oxigenul. Dar nici propria lui metodă nu-l mulțumește. Cei doi cercetători se opresc pînă la urmă la metoda eudiometrică, mai complicată, dar mai sigură. În această metodă, hidrogenul și oxigenul, în spațiu închis, se combină sub influența unui șir de scîntei electrice. Introducînd în eudiometru ceva mai mult hidrogen decît volumul necesar pentru a se produce apă — din hidrogenul introdus și oxigenul aerului luat în analiză — ei măsoară cu precizie maximă temperatura, după ce, evident, au măsurat cu aceeași precizie aerul luat în analiză și volumul de hidrogen. Se produce explozia amestecului de hidrogen și aer; volumul se micșorează brusc, gazul hidrogen consumat, plus oxigenul gazos din aer dînd picături de apă, al căror volum este neapreciabil față de cel al gazelor care s-au combinat. Este ușor, în acest caz, să socotești cît oxigen este în aer, dacă știi exact în ce proporție se combină oxigenul cu hidrogenul.

Așadar, cunoașterea acestui raport devine problema numărul unu. Humboldt și Lussac prepară oxigen și hidrogen pur. Apoi introduc în eudiometru — un eudiometru perfecționat special pentru aceste experiențe de Gay-Lussac, prin introducerea unei supape care evita pătrunderea aerului dizolvat în apă — hidrogen și oxigen în diferite proporții. Pentru a fi siguri că tot hidrogenul este consumat, ei iau un exces de oxigen. Se opresc la 200 volume oxigen și 200 volume hidrogen. Produc scîntei și observă reducerea volumului. Din cele 400 de volume luate în experiență, rămîn 100 de volume de oxigen necombinat. Restul — adică 200 de volume de hidrogen și 100 de volume de oxigen — au dat apă, care umezește pereții tubului eudiometrului. Așadar, 200 de volume de hidrogen se combină cu 100 de volume de oxigen. Raportul volumelor este 2/1. Repetînd de nenumărate ori această experiență, ei ajung mereu la același raport. Alți cercetători găsiseră valori apropiate, dar se putea dovedi că ei au avut erori. Raportul exact este cel găsit de Humboldt și Lussac: 2 la 1.

Calea către o analiză exactă a aerului de la diferite altitudini și longitudini era astfel deschisă.

Joseph Gay-Lussac

Experiențele lui Gay-Lussac duc la următorul rezultat:

	În volume	În greutate
oxigen:	20,80%	23,90 părți
azot:	79,20%	76,10 părți

Aceste rezultate sînt confirmate ulterior, printre alții, de Dumas, Brunnes, Boussingault.

Gay-Lussac urcă pe cele mai înalte culmi ale munților Franței; se ridică, împreună cu Biot, într-un aerostat pînă la înălțimea de peste 7 000 metri și culege mostre de aer atmosferic pentru a da răspuns problemei ridicate de Humboldt. Rezultatele obținute duc la concluzia că aerul atmosferic are o compoziție constantă, independentă de altitudine și latitudine; independentă de longitudine.

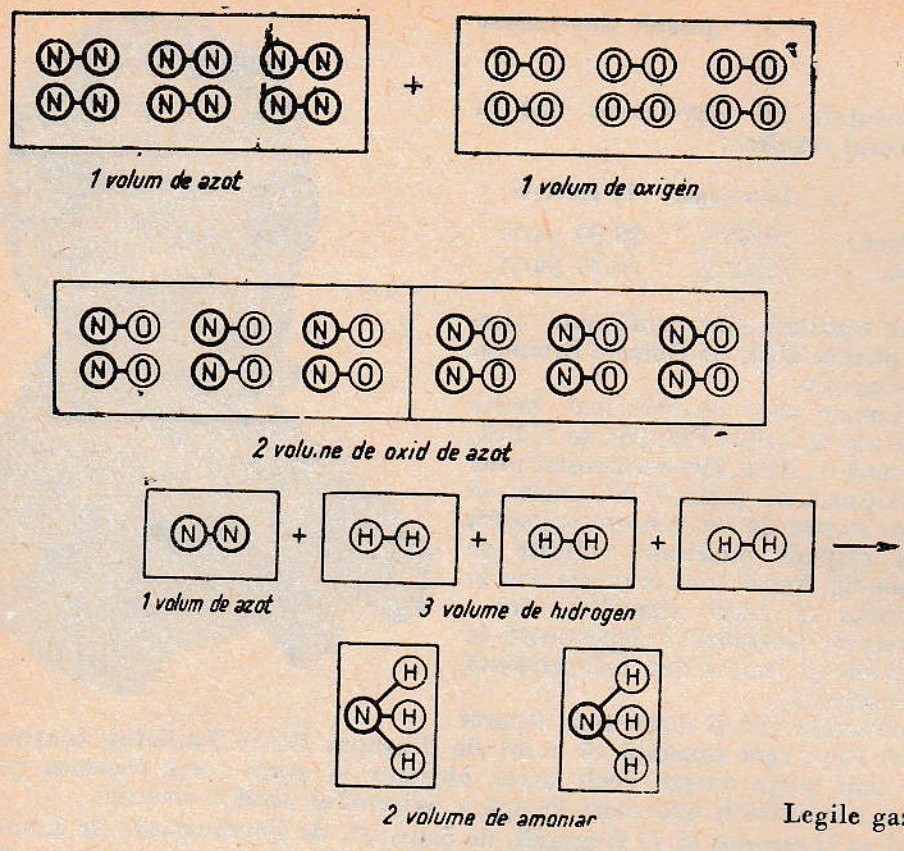
Experiențele vor fi duse mai departe de Le Roy, care constată că aerul de deasupra Mării Nordului conține ceva mai puțin oxigen decît aerul obișnuit și pune acest fenomen pe seama solubilității mai mari în apă a oxigenului decît a azotului.

Aerul va fi cercetat și de Regnault, de Saussure, de Boussingault, de Montmorency, de Davy. Zeci de chimiști se întrec în determinarea exactă, cît mai exactă, a compoziției aerului.

Concluziile lor sînt interesante. Unele se referă la conținutul bioxidului de carbon și la variația acestui conținut în săli de teatru și în spații închise, în general. Altele se referă la existența în aceste spații închise, în care încălzirea se făcea cu cărbune, a teribilului oxid de carbon. Se identifică amoniacul, în cantități infime. Se pune în evidență existența hidrogenului.

Unii cercetători se ocupă de aerul din ateliere și fabrici. Iată, de pildă, concluziile lui M. Leblanc (*Cercetări asupra aerului viciat*) reproduse de J. Pelouze și E. Fremy în cartea *Tratat de chimie generală*. „Condițiile de existență a lucrătorilor într-un mare număr de ateliere și fabrici ar furniza și ele observații penibile. Cîte exemple triste de degenerescență fizică și morală nu s-ar putea cita, a căror cauză principală ține de condițiile funeste ale mediului în care lucrătorii sînt constrînși să trăiască în aceste împrejurări!"[1].

[1] J. Pelouze, E. Fremy, *Tratat de chimie generală*, vol. I, ed. a II-a, Paris, 1854, p. 261.



Gay-Lussac ajunge însă la concluzii cu totul neașteptate cu prilejul experiențelor efectuate pentru a da răspunsul la problema pusă de Humboldt. În primul rînd, cu prilejul combinării hidrogenului cu oxigenul sub acțiunea scînteilor electrice, cei doi cercetători observă că nu în orice condiții de concentrație se realizează combustia integrală a hidrogenului.

Dacă se iau 200 de volume de hidrogen și 200 de volume de oxigen, combustia hidrogenului este completă, dar dacă se crește mereu proporția de oxigen, rămîne mereu un rest tot mai mare de hidrogen nears, astfel încît ajungîndu-se la proporția 1 la 16 (100 volume hidrogen la 1 600 de volume oxigen) hidrogenul nu mai arde de loc (proporția de hidrogen ars, în acest caz, este 0%).

Gay-Lussac și Humboldt comunică aceste rezultate neobișnuite. E ca și cum oxigenul ar îneca hidrogenul. Prea mult oxigen este tot atît de neconvenabil pentru combustie ca și prea puțin oxigen. Această concluzie experimentală va da mult de gîndit teoreticienilor. Care este mecanismul intim al aprinderii și arderii? Care este viteza combustiei? Ce raport este între această viteză și numărul moleculelor de oxigen față de cele de hidrogen? Prilej de noi cercetări experimentale.

Gay-Lussac (1778–1850) și legea volumelor

Dar Gay-Lussac se oprește la unul din rezultatele cercetărilor care putea să treacă neobservat pentru alții: raportul exact (2 la 1) între volumul de hidrogen și cel de oxigen, care se combină pentru a da apă. Acest raport este prea simplu, prea întreg pentru a fi o întîmplare. Ani de zile îl urmărește ideea acestui raport simplu. Să fie, oare, vorba de o lege generală? Gay-Lussac examinează alte combinații între substanțe în stare gazoasă: azot + oxigen; hidrogen + azot; hidrogen + clor; clor + oxigen. El constată că:

— un volum de azot se combină exact cu un volum de oxigen și dau două volume de oxid de azot;

— două volume de azot + patru volume de oxigen dau patru volume de bioxid de azot;

— șase volume de hidrogen + două volume de azot dau patru volume de amoniac;

— două volume de clor + două volume de hidrogen dau patru volume de acid clorhidric.

Mereu raporturi simple: 2 la 1; 2 la 2; 6 la 2 etc. Iar volumul combinației rezultate față de fiecare corp intrat în combinație, tot simplu: 4 volume de acid clorhidric față de 2 volume de clor intrate în combinație. Și așa mai departe.

În sfîrșit, volumul combinației rezultate este totdeauna mai mic decît — sau cel mult egal — cu suma volumelor intrate în reacție. Niciodată nu apare un volum mai mare decît suma volumelor intrate în reacție.

Gay-Lussac dă o expresie simplă legii pe care o descoperă: volumele a două gaze care se combină se găsesc între ele într-un raport simplu. Atît. El nu face decît să exprime acest rezultat cantitativ, general, al experiențelor cu gazele. Nu interpretează, nu face supoziții și ipoteze cu privire la cauze. Legea volumelor exprimată cu modestie de Gay-Lussac, în anul 1808, este însă bogată în consecințe. Concluziile le trag francezul André Marie Ampère și italianul Amedeo Avogadro.

Raporturile simple descoperite de Gay-Lussac intrigă toată lumea chimiștilor. Nici unul dintre marii chimiști ai epocii nu poate trece cu vederea acest fapt uluitor. Experiențe care să contrazică legea exprimată de Lussac se numărau pe degete. Părea aproape evidentă concluzia că aceste raporturi simple se datoresc faptului că particulele ce compun gazele sînt întregi, avînd fiecare dintre ele un volum propriu, că volume egale cuprind numere egale de particule. O asemenea concluzie putea fi o adevărată explicație a raporturilor simple. Dar lucrurile n-au decurs tocmai așa. Englezul John Dalton publicase, în 1808, lucrarea sa, care fundamenta teoria atomistă. În același an, ceva mai tîrziu, Gay-Lussac comunica legea descoperită de el. Dalton respinge însă această lege ca nefundată. Ceea ce e mai ciudat este că folosește ca argument propria sa teorie atomistă, în încercarea de a dărîma o lege care-i confirma teoria.

Iată ce susține Dalton: dacă am presupune că în același volum de gaz se găsește totdeauna același număr de „atomi", indiferent de natura gazului, am ajunge la o situație paradoxală. Să luăm exemplul oxidului de azot.

„Un atom de oxid de azot" este compus dintr-un atom de azot și unul de oxigen, deci dacă se combină un volum de azot și un volum de oxigen, ar trebui să obținem un singur volum de oxid de azot, căci din doi „atomi" se naște unul combinat.

Vom vedea că Berzelius, care confirmase întîi legea lui Lussac, o respinge mai tîrziu. Ceva nu era în regulă.

Curînd, însă, Avogadro[1] (1811) și Ampère (1813) depășesc impasul creat. Ei introduc în considerațiile lor *molecula*, particulă formată din atomi. Molecula de azot este alcătuită din doi atomi. Cea de oxigen, la fel. Volumul gazului este determinat de numărul moleculelor, simple sau combinate, și nu de numărul atomilor. O moleculă de azot (2 atomi) + o moleculă de oxigen (2 atomi) dau două molecule de oxid de azot, conținînd fiecare cîte un atom de azot și unul de oxigen. Deci un volum de azot și un volum de oxigen dau 2 volume de oxid de azot.

Raționamentul se potrivea pentru toate celelalte situații. Molecula își cerea drept de cetățenie în chimie. Teoria făurise noțiunea necesară pentru a explica faptele experimentale. Se va dovedi mai tîrziu, cu mijloace potrivite, că molecula, „corpusculul" lui Lomonosov, este tot atît de reală ca și atomii.

Gay-Lussac nu dădea un caracter absolut legii descoperite de el. Credea că ea poate fi pusă de acord cu teoria maestrului său Berthollet, care nega legea proporțiilor ponderale fixe a lui Proust și cea a proporțiilor multiple a lui Dalton și susținea că nu există vreo diferență esențială între combinație și soluție, că două elemente se pot combina între ele în orice proporție ponderală.

La prima vedere pare de neînțeles încercarea lui Gay-Lussac de a pune de acord legea descoperită de el cu teoria lui Berthollet. Prima te obliga să admiți că o combinație rezultă totdeauna din cantități precis determinate

[1] Amadeo Avogadro (1776—1856) a fost profesor de matematică și fizică la Torino. Cea mai importantă lucrare a sa a fost „Încercarea unei metode de determinare a maselor relative a moleculelor elementare ale substanțelor din raportul în care ele intră în combinații".

Cu ajutorul „regulii" lui Avogadro, se pot determina greutățile moleculare ale tuturor corpurilor în stare gazoasă, dacă se ia drept unitate greutatea moleculară a unui gaz de referință, deoarece masele a două volume egale de gaz se raportează între ele ca greutățile lor moleculare.

Realitatea moleculei a fost însă contestată pînă în anul 1858, cînd italianul Stanislao Canizzaro, reluînd și dezvoltînd ideile lui Avogadro, a putut demonstra pe baza analizei combinațiilor în stare gazoasă și a unor fapte de fizică experimentală existența celor mai mici particule de substanțe care pot exista în stare liberă: moleculele.

Pe baza teoriei cinetice, a teoriei electromagnetice a radiației termice, pe baza fenomenelor radioactive și a comportării coloidale a soluțiilor, s-a calculat numărul de molecule pe care-l conține 1 mol (greutate moleculară exprimată în grame) din orice substanță. Acest număr, cunoscut sub numele de „numărul lui Avogadro" (uneori, denumit și „numărul lui Loschmidt") este:

$$6{,}02 \times 10^{23}$$

Un mol-gram de gaz conține 22,412 l gaz în condiții de temperatură și presiune normale.

de substanțe componente; cea de-a doua admitea raporturi nedefinite între cantitățile substanțelor componente[1].

Să fie, oare, numai respectul pentru maestru care să-l fi dus pe Gay-Lussac la o concluzie opusă logicii faptelor descoperite de el? Nu, nu era numai atît. Ideile lui Berthollet expuse în mod sistematic (în cartea sa *Statica chimică* și în prefața la traducerea franceză a lucrării englezului Thompson *Sistemul chimiei*, carte în care se propagau ideile lui Proust și Dalton) se întemeiau pe o foarte atrăgătoare teorie a afinității și — după cum am văzut — pe interesante considerații de mecanică chimică, bazate, la rîndul lor, pe fapte experimentale. Berthollet privea reacțiile din punctul de vedere al echilibrului chimic. El arăta că rezultatul unei reacții depinde atît de natura substanței, cît și de masele relative ale substanțelor intrate în reacție. Nu-s atît de interesante, după Berthollet, reacțiile complete, cît cele incomplete, în care avem de-a face cu cele două sensuri ale reacției. Reacția care se petrece într-un sens, producînd o anumită substanță, este limitată de reacția în sens invers, prin care se reproduc substanțele inițiale. Procesele care merg pînă la capăt se datoresc numai unor împrejurări secundare, care deplasează echilibrul într-un singur sens. Astfel, de pildă, precipitarea unei substanțe solide determină formarea continuă a acestei substanțe în soluție, deoarece precipitarea o scoate din soluție și pentru realizarea noului echilibru trebuie să se nască mereu în soluție substanța respectivă. Asemănător se petrec lucrurile cînd o substanță volatilă scapă din zona reacției.

Gay-Lussac sesiza profunzimea ideilor lui Berthollet. Cu toate exagerările lui Berthollet, care nega direct valabilitatea raporturilor constante, cu toată insuficiența datelor experimentale pe care se baza teoria echilibrului chimic, lui Gay-Lussac nu poate să-i scape partea de adevăr pe care o cuprindea această teorie.

Așa se explică încercarea lui de a pune de acord legea raporturilor simple a volumelor gazelor cu teoria echilibrului chimic.

[1] Soluția contradicției dintre concepțiile, în aparență incompatibile, ale lui Berthollet și Proust a fost dată în secolul nostru de N.S. Kurnakov, descoperitorul „berthollidelor". Kurnakov arată (*Introducere în analiza fizico-chimică*, Moscova 1940) că ambele părți au sesizat cîte o latură a unui adevăr complex iar punctul de vedere al lui Berthollet este mai general.

Întreaga viață a lui Gay-Lussac se împletește cu dezvoltarea chimiei pînă la jumătatea veacului trecut. Chiar și o enumerare sumară a lucrărilor sale experimentale originale învederează siguranța, precizia, îndrăzneala și multilateralitatea acestui specialist al experienței fizico-chimice.

Cînd Berthollet îl recomandase lui Humboldt, Gay-Lussac avea la activul său legea variației volumului gazelor cu temperatura, descoperită în 1802, la vîrsta de 24 de ani. După lucrările cu Humboldt, Gay-Lussac întreprinde o serie de cercetări experimentale în colaborare cu Louis Jacques Thénard,[1] între anii 1808 și 1811. Fiecare din acești ani înseamnă cel puțin comunicarea unei descoperiri.

În 1808, cei doi cercetători descoperă cu prilejul determinării compoziției amoniacului (în vederea probării legii volumelor) amida sodiului și potasiului (compuși în care un hidrogen al amoniacului este înlocuit de sodiu sau de potasiu) cu ajutorul fierului, prin încălzirea pînă la alb.

Experiența descompunerii hidroxidului de potasiu a fost executată într-un tub de oțel înconjurat de un tub izolator de ceramică, în care era introdusă o sîrmă de oțel, adusă prin încălzire la incandescență. După atingerea temperaturii necesare, se introducea hidroxidul de potasiu, se închidea unul din capetele tubului de oțel și se prindea potasiul în stare de vapori într-un vas cu ulei mineral. Din descompunerea hidroxidului, rezulta, în afară de potasiu, hidrogen. Oxigenul se combina cu fierul.

Descompunerea termică reprezenta — după celebra experiență electrochimică a lui Davy, din anul 1807 — a doua cale de obținere a metalului potasiu. Metalele alcaline erau eliberate din compușii lor naturali și îmbogățeau lista elementelor chimice.

Metode de obținere a acidului clorhidric, lucrări asupra fosforului, asupra capacității sodiului și potasiului de a absorbi hidrogen sînt comunicate în 1810 și 1811.

În 1810, cei doi cercetători corectează eroarea lui Davy, dovedind experimental că produsul de ardere a potasiului este un oxid și nu un protoxid. Cei doi chimiști îmbunătățesc, în 1811, analiza organică elementară, pe care o vor desăvîrși Berzelius și Liebig. În 1813, Gay-Lussac descoperă acidul iodhidric. În 1814, acidul clorhidric liber. În 1815, cianul, radical liber care se comportă ca un element, dînd acidul cianhidric, așa cum clorul dă acid clorhidric.

Lucrările de determinare a densității gazelor efectuate cu prilejul analizei acidului cianhidric (descrise cu lux de amănunte în dicționarul de chimie al lui Andrew Ure) și determinările alcoolmetrice pentru stabilirea procentului de alcool în băuturi (1824) sînt exemple de măiestrie și precizie. Precizia metodelor alcoolmetrice n-a fost întrecută timp de zeci de ani. Și astăzi tabelele alcoolmetrice ale lui Gay-Lussac sînt folosite în Franța.

Acest mare experimentator rezolvă probleme majore ale industriei chimice în dezvoltare.

[1] Chimist francez (1777—1857) inventator al unui procedeu de preparare al albului de plumb (1801), al unor esteri organici, (1807), al apei oxigenate. Fiul lui a fost chimistul și agronomul Edmond Thénard (1819—1884), care a introdus sulfura de carbon în combaterea filoxerei.

În 1827, Gay-Lussac introduce acidul azotic în loc de salpetru, la fabricarea acidului sulfuric, și inventează celebrul său turn pentru absorbția vaporilor nitroși care se degajă în cursul acestui proces de fabricație.
El se ocupă și de metoda de impregnare a lemnului și țesăturilor, de condițiile de ardere a pietrelor de var în cuptoare. Dar nu părăsește cercetările fundamentale. Descoperă în 1822 reducerea presiunii de vapori a apei care conține săruri dizolvate; iar în 1844 pune în evidență modificarea structurii clorurii de fier cu ajutorul vaporilor de apă. Îl îndrumă pe chimistul german Justus Liebig în cercetarea fulminaților de mercur și efectuează el însuși experiențe pe acizi organici, în 1828, 1829, anii în care se realizează primele sinteze organice.
O viață închinată experienței... O viață de cercetător.

XVI. Chimia, știință exactă

„Cu timpul, o teorie ți se poate înrădăcina atît de adînc în minte, încît pînă la urmă nu mai ești în stare să o desparți de faptele pentru a căror explicare intuitivă a fost creată".

BERZELIUS

Pe frontul chimiei din prima jumătate a veacului al XIX-lea se profilează figura suedezului Jöns Jakob Berzelius.

S-a născut la Wafnersunda, orășel din Goetaland, regiune sudică a Suediei; a studiat și a profesat la Stockholm, unde a activat pînă în ultima zi a vieții sale.

Titlurile, onorurile, veniturile mari n-au stins în el flacăra vie a curiozității științifice.

Nici una dintre marile probleme care i-au frămîntat pe urmașii lui Lavoisier n-a scăpat atenției acestui experimentator și teoretician. Nici una dintre marile descoperiri ale chimiștilor francezi, englezi, germani, ruși sau italieni n-a rămas neanalizată de acest maestru al analizei chimice și al sintezei teoretice.

Cînd Davy își începuse lucrările cu pila galvanică, Berzelius — în vîrstă de 24 de ani — atacă și el, împreună cu alt tînăr chimist suedez, Wilhelm Hissinger, problema descompunerii sărurilor cu ajutorul curentului electric. Davy lucra cu sulfat de sodiu; Berzelius și Hisinger încep cu clorura de sodiu și — după ce stabilesc apariția hidroxidului de sodiu la polul negativ — trec la descompunerea altor săruri. Cei doi cercetători urmăresc sistematic produsele de descompunere electrolitică a diferitelor săruri minerale. În anul 1804, ei trag o concluzie generală: la descompunerea sărurilor neutre apare la un pol acid, iar la alt pol — metalul; separarea metalului nu este — așa cum se presupunea — un efect al acțiunii hidrogenului născut din descompunerea apei, ci al acțiunii curentului asupra sărurilor.

În același an, 1804, Berzelius, concomitent cu Hisinger și cu chimistul Klaprot din Petersburg dar independent de aceștia, descoperă, într-un minereu suedez, oxidul unui element nou. Berzelius și Hisinger numesc elementul nou: ceriu, după numele asteroidului Ceres, pe care Giuseppe Piazzi l-a descoperit la 1 ianuarie 1801.

Berzelius și Hisinger continuă lucrările lor electrochimice pînă în anul 1807. Ei supun acțiunii curentului electric săruri simple și complexe, cu și fără oxigen, substanțe neutre, acide și bazice. Materialul experimental adunat le îngăduie să formuleze noi reguli generale. Nu numai sărurile, ci substanțe chimice foarte diferite se lasă descompuse din soluții, sub acțiunea curentului electric: la polul negativ se concentrează substanțele inflamabile (hidrogenul), alcaliile și oxizii metalici; către polul pozitiv se deplasează oxigenul,

acizii și oxizii nemetalici. Cantitățile de substanță depusă sînt proporționale cu durata acționării curentului și conductibilitatea electrică a soluției. Aceste lucrări de tinerețe vor lăsa urme nesterse în spiritul lui Berzelius. Cînd, începînd din 1 807, an de an răsuna, în lumea oamenilor de știință ecoul noilor descoperiri ale lui Davy, Berzelius a încetat să mai experimenteze cu pila galvanică ; dar urmărea experiențele lui Davy ca pe o continuare și o împlinire a propriilor sale lucrări. Elementele unei mari sinteze teoretice își făceau loc în mintea chimistului suedez. Această concepție se va contura definitiv abia în anul 1 820, devenind o nestrămutată convingere a lui Berzelius. Este vorba despre teoria electrochimică, abia schițată de Davy, transformată de Berzelius în fundamentul concepției sale despre constituția substanțelor chimice.

Înainte de a se fi conturat această concepție, care privea toate substanțele chimice, ca fiind constituite dintr-o componentă electric negativă și una electric pozitivă, un nou grup de descoperiri fundamentale solicită atenția lui Berzelius. Dalton publicase în 1808 cartea sa în care se expuneau legea proporțiilor multiple și teoria atomică.

Lucrările lui Berzelius (1779–1848)

Un imens cîmp de cercetări se deschidea. Berzelius își desăvîrșea uneltele pentru o serie de lucrări care-l vor preocupa timp de 18 ani. Succesul se putea obține numai pe calea creșterii preciziei determinărilor. Berzelius perfecționează utilajul de laborator, inventînd dispozitive noi și ingenioase de combustie, o lampă de spirt perfecționată, un suflai adaptat la lucrările de analiză a minereurilor. Pînă și paharelor de laborator le dă o formă mai potrivită cu necesitățile analizei. Paharele berzelius se găsesc și astăzi pe mesele laboratoarelor de chimie. Chimistul suedez devine curînd cel mai strălucit analist al vremii sale. Cu noile instrumente de analiză, Berzelius verifică legea proporțiilor multiple, stabilită de Dalton, legea maselor echivalente, stabilită de Richter, greutățile atomice, stabilite de Lavoisier și Dalton. Pe lîngă descoperirile lui Dalton, se impun concluziile lucrărilor lui Gay-Lussac: legea volumelor. Berzelius ține seama de această lege.

Analiza de maximă precizie devine instrumentul favorit de cercetare al lui Berzelius. Remarcabile sînt lucrările experimentale prin care el supune verificării legea maselor echivalente. Berzelius analizează săruri de sodiu, de argint, de potasiu, de magneziu, de calciu, de fier, de zinc. Consemnează cifrele rezultatelor analizei și le compară între ele. Atacă metale cu acizi, preparînd astfel săruri, prin înlocuirea hidrogenului din acizi. Măsoară exact cantitatea de hidrogen care rezultă din reacția dintre același acid și diferite metale luate în cantități diferite. Tot hidrogenul dintr-o anumită cantitate de acid este înlocuit de o cantitate, întotdeauna aceeași, dintr-un metal oarecare. Un al doilea, al treilea, al patrulea metal etc. trebuie să fie luat în alte cantități, dar care se găsesc totdeauna în același raport. Astfel, 1 parte — în greutate — de hidrogen este înlocuită de: 23 părți — în greutate — de sodiu, 12 părți magneziu, 20 părți calciu, 21 părți fier, 108 părți argint, 33 părți zinc etc. Iar cînd un metal înlocuiește pe un al doilea

dintr-o combinație, aceste proporții se respectă strict. 23 părți sodiu înlocuiesc tocmai 33 de părți zinc; 33 părți zinc înlocuiesc 108 părți argint ș.a.m.d. Echivalența cantitativă se respectă. Richter este confirmat. În analizele ulterioare, Berzelius se sprijină pe legea echivalenței pentru a verifica rezultatele experimentale. Acolo unde rezultatele nu se potrivesc cu calculele, el repetă experiențele. Corectează primele rezultate, merge cu determinările pînă la prima, pînă la a doua, pînă la a treia zecimală. Dar aceasta încă nu este suficient.

Cînd Dalton a emis curajoasa ipoteză atomistă, Berzelius s-a declarat adversar al ei; dar, în același timp, el a pornit la verificarea ei experimentală. Chiar echivalenții chimici îi serveau la această verificare. Constanța raporturilor cantitative corespundea existenței unor particule materiale, totdeauna aceleași, indivizibile, intervenind totdeauna în același număr într-o combinație dată. Berzelius sfîrșește prin a infirma rezultatele determinărilor experimentale ale lui Dalton și prin a confirma totuși esența teoriei atomiste. Raportul între greutatea atomică a oxigenului și greutatea atomică a hidrogenului nu este 7 la 1, așa cum susține Dalton, ci 8 la 1, așa cum arată determinările precise asupra compoziției apei; dar realitatea particulelor indivizibile de hidrogen și oxigen își găsește un argument experimental puternic în rezultatele analizelor lui Berzelius. Din adversar al teoriei atomiste, el devine cel mai fervent susținător și propagandist al ei.

Ultima determinare a compoziției apei în greutate a fost efectuată de Berzelius abia în 1819. El a încălzit puternic oxidul de cupru într-o atmosferă de hidrogen. Oxigenul oxidului de cupru, combinat cu hidrogen dădea apă. Cîntărind oxidul de cupru imediat înainte și imediat după experiență, se obținea pierderea în greutate a oxidului luat în experiență, adică tocmai greutatea oxigenului consumat. Cîntărind apa obținută, și scăzînd din ea cantitatea de oxigen pierdută de oxid, se obținea greutatea hidrogenului din acea cantitate de apă. Iată dar un mijloc de a cîntări direct cantitatea de oxigen și de hidrogen care formează o anumită cantitate de apă.

Rezultatele obținute din această experiență de mare finețe — efectuată împreună cu francezul Dulong — în care analiza se reduce la trei cîntăriri de mare precizie, erau: 88,91% oxigen și 11,09% hidrogen; adică pentru 1 parte de hidrogen, 8,008 părți de oxigen.

Cu mult înaintea acestei experiențe, Berzelius a făcut alte analize de compoziție. Determinînd compoziția bioxidului de carbon, el a găsit 12 părți carbon la 32 părți oxigen, cifre care se suprapun aproape peste cele acceptate astăzi.

Dacă în cazul ipotezei atomice, Berzelius a străbătut calea de la infirmare la confirmare, în cazul legii volumelor a lui Gay-Lussac, lucrurile s-au petrecut invers. La publicarea legii volumelor, Berzelius s-a grăbit s-o accepte și să-i sublinieze importanța, pentru a o respinge mai tîrziu. De astă dată, infirmînd legea, el nu se sprijinea pe fapte experimentale, ci pe aparenta necorespondență a legii cu teoria atomistă, pe care între timp și-o însușise în mod definitiv.

În concepția lui Dalton, greutățile echivalente se confundau cu greutățile atomice. Dacă 1 parte de hidrogen se combina cu 7 părți de oxigen pentru a da apă, greutatea atomică a hidrogenului fiind luată egală cu 1, cea a oxigenului era 7, iar greutatea „atomică" a apei era 8.

Name.	Formel.	O=100.	H=1.
Sauerstoff	O	100,000	16,026
Wasserstoff	H	6,2398	1,000
	Ḣ	12,4796	2,000
Stickstoff	N	88,518	14,186
	Ṅ	177,036	28,372
Schwefel	S	201,165	32,239
	Ṡ	402,330	64,478
Phosphor	P	196,155	31,436
	Ṗ	392,310	62,872
Chlor	Cl	221,325	35,470
	Ċl	442,650	70,940
Jod	J	768,781	123,206
	J̇	1537,562	246,412
Natron	Na	390,897	62,646
Natriumsuperoxyd	Ṅa	881,794	141,318
Kali	K	589,916	94,541
Kaliumsuperoxyd	K̇	789,916	126,593
Schwefelsaures Kali	KS	1091,081	174,859
— Eisenoxydul	FeS	940,378	150,706
— Eisenoxyd	FeS^3	2481,906	397,754
Eisenchlorür	FeCl	781,863	125,303
Eisenchlorid	FeCl^3	2006,376	321,545
Quecksilberchlorür	HgCl	2974,295	476,666
Quecksilberchlorid	HgCl	1708,472	273,803
Cyaneisenkalium	FeNC+2KNC	2308,778	370,008
Alaun	KS+AlS^3+24Ḣ	5936,406	951,378
Feldspath	KSi+AlSi^3	3542,162	567,673

Ținînd seama de legea volumelor a lui Gay-Lussac și de rezultatele determinărilor efectuate asupra apei, a acidului clorhidric, a zeci de alți corpi conținînd hidrogen, Berzelius considera numărul atomilor egal cu numărul volumelor de gaz, iar greutățile atomice, ca raporturile dintre greutatea unui volum dintr-un gaz oarecare și greutatea aceluiaș volum de gaz de referință (oxigen). Dacă 1 volum de hidrogen se combină cu 1 volum de clor, pentru a da acid clorhidric, înseamnă că 1 atom de hidrogen se combină cu 1 atom de clor. Dacă 2 volume de hidrogen se combină cu 1 volum de oxigen, înseamnă că 2 atomi de hidrogen se combină cu 1 atom de oxigen. Berzelius admitea că atomii gazelor: azot, hidrogen, oxigen, clor, sînt dubli. Concluzia aceasta era corectă; dar acești „atomi dubli" erau pentru Berzelius nedecompozabili în atomi simpli. Cu alte cuvinte, orice combinație care conține unul din aceste gaze are în molecula sa atomi dubli. Acidul clorhidric era deci — conform acestei idei — format dintr-un atom dublu de hidrogen și unul dublu de clor. Principiul atomilor dubli și metodele analitice folosite îl ajută pe Berzelius să stabilească cele mai corecte tabele de greutăți atomice din vremea lui. Este demn de notat că în tabelele de greutăți atomice ale lui Berzelius, elementele imponderabile ale lui Lavoisier nu-și mai găsesc locul, pentru purul și simplul motiv că nu li se poate atribui nici o cifră de greutate atomică.

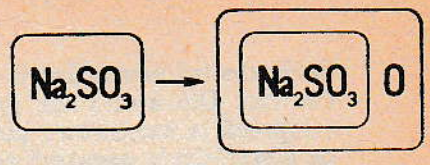
Așadar, Berzelius găsește calea stabilirii corecte a greutăților atomice, pe baza ipotezei lui Dalton și a legii gazelor. Dar ipoteza sa despre atomii dubli, care conține un element neverificat de experiență (nedecompozibilitatea atomilor dubli) îl duce la o contradicție cu legea volumelor. Un atom dublu de clor, combinat cu un atom dublu de hidrogen ar trebui să dea un atom dublu de acid clorhidric. Dar experiența arată că un volum de clor combinat cu un volum de hidrogen dau 2 volume de acid clorhidric. Ar însemna deci nu un singur atom dublu, cum cerea ipoteza lui Berzelius, ci 2 atomi de acid clorhidric.

De astă dată, Berzelius, în loc să-și modifice ipoteza, renunțînd la ideea că atomii dubli sînt nedecompozabili, respinge legea volumelor. El nu ascultă glasul lui Avogadro și al lui Ampère; nu acceptă nici un fel de argumente, pe considerentul că ele ar fi date numai pentru a salva teoria. Și iată-l pe marele Berzelius, făcînd greșeala de a respinge un adevăr, pe baza unei ipoteze care a căpătat în mintea lui valoarea unui adevăr absolut. Aici Berzelius a greșit. În schimb, pe baza teoriei atomice și a analizelor sale precise, el a creat — în 1811 — un sistem de scriere a combinațiilor chimice, care s-a păstrat în esența lui pînă în zilele noastre. El nu mai reprezenta, ca Dalton, atomii prin cerculețe și steluțe, ci numai prin simboluri literale, însoțite de cifre care reprezentau numărul atomilor din respectivul element, care se găsesc în „atomul complex" al combinației.

Teoria atomică și experiența i-au servit lui Berzelius la descoperirea legii „reacțiilor integrale" și la elaborarea noțiunii de „radical".

Berzelius voia să demonstreze legătura dintre legea echivalenței și teoria atomică. Că bazele și acizii se neutralizează în raporturi cantitativ determinate, aceasta s-ar datora faptului că grupe întregi de atomi se comportă ca un tot, trecînd dintr-o combinație în alta și substituindu-se reciproc. Aceasta trebuia demonstrat prin experiență. Berzelius oxidează sulfitul de plumb cu acid azotic, transformînd astfel sulfitul în sulfat. Dacă în sulfat tot restul (radicalul) atomului de sulfit, în afară de oxigen s-a păstrat,

Sulfit — sulfat în scrierea lui Berzelius



Sulfit de sodiu *Sulfat de sodiu*

înseamnă că ar trebui să nu apară nici o urmă de sulf sau plumb în exces. Singurul element care ar deosebi particula de sulfit de cea de sulfat ar fi, în acest caz, numărul relativ mai mare de atomi de oxigen. Tot restul trebuia să fi trecut din particula de sulfit în cea de sulfat.

Cu cele mai fine metode de determinare, calitativă și cantitativă, Berzelius urmărește în precipitat urme de sulf sau plumb liber; dar el nu găsește asemenea urme.

El determină apoi raportul cantitativ între greutatea argintului și clorului din clorura de argint—substanță formată numai din atomi de argint și clor: (AgCl) și din clorat de argint ($AgClO_3$). Raportul se arată a fi identic. Deci, pentru a forma combinații mai mult sau mai puțin complexe, aceleași elemente se combină totdeauna în același raport. Iată legea reacțiilor integrale, care confirma — în felul ei — ipoteza atomistă. Grupurile de atomi care trec neschimbate din particulă (moleculă) în particulă sînt numite de Berzelius radicali. Această noțiune va avea o lungă istorie; cuvîntul este și astăzi folosit cu un conținut mai bine precizat, dar care în esență înseamnă: grup de atomi formînd o unitate submoleculară, care trece fără schimbări din moleculă în moleculă.

Analistul Berzelius nu s-a oprit la experiențe de tip demonstrativ. El a cercetat mineralele Suediei, descoperind, rînd pe rînd, după ceriu — tantalul, thoriul, zirconiul, seleniul. A descoperit minerale noi și a introdus acidul fluorhidric în analiza mineralelor. Din nisip, a obținut, pentru prima oară în lume, siliciul amorf. A preparat compuși ai platinei și aurului, ai arsenului și telurului.

Aceste descoperiri spectaculoase duceau pretutindeni faima marelui chimist suedez, devenit arbitrul chimiei în Europa.

Cînd Wöhler și Liebig au făcut celebrele lor analize pe fulminat de argint și cianat de argint, Berzelius a fost acela care a observat, cel dintîi, identitatea rezultatelor. Și din această observație a rezultat celebra noțiune de izomerie creată de Berzelius. El a fost acela care — după o sugestie a lui Ampère — a introdus în chimie concepția amoniului ca grup de atomi de azot și hidrogen, care trec din combinație în combinație, asemenea unui atom unic de metal. El a discutat și precizat noțiunile de alotropie și polimorfism.

Autoritatea lui Berzelius era necontestată. Pînă la o vreme. Pînă cînd Berzelius și-a pus în joc autoritatea și pasiunea, verva și inventivitatea pentru a susține o ipoteză împotriva faptelor evidente. El, — care în tinerețe combătuse această atitudine, și care a știut adesea să-și modifice sau să infirme ipotezele ce contraziceau faptele experimentale și i-a sfătuit și pe alții să facă la fel.

Momentul de care vorbim se leagă de ipoteza electrochimică. Experiențele din tinerețe și opera experimentală a lui Davy îl conduseseră pe Berzelius la ipoteze că fiecare particulă atomică sau grup de atomi este încărcată electric, pozitiv sau negativ. Iar legătura chimică nu este nimic altceva

decît efectul neutralizării totale sau parțiale a sarcinilor electrice de semn contrar. Doi atomi sau grupe de atomi, combinîndu-se prin neutralizarea reciprocă a sarcinilor, pot da un grup atomic, care mai conține un rest de electricitate negativă sau pozitivă. Un astfel de grup atomic (moleculă) se poate combina mai departe cu altul, de sarcină contrară. Ipoteza electrochimică explica descompunerea, prin curent, a sărurilor, apariția acidului la un pol și a bazei la alt pol etc. Convins de valabilitatea universală a acestei ipoteze, Berzelius a căutat s-o aplice și la corpurile organice. Cînd faptele puse în lumină de experiențele lui Dumas și colaboratorii lui au arătat inconsistența ipotezei electrochimice în forma absolutizată pe care i-o dăduse Berzelius, ilustrul chimist suedez avea sentimentul că se prăbușește o construcție, la înălțarea căreia a trudit o viață. El, omul experiențelor precise, s-a pornit să susțină cu argumente ipotetice o luptă împotriva rezultatelor experimentale. Singurul efect pozitiv al acestei atitudini a fost stîrnirea energiilor și concentrarea forțelor adversarilor, care au cîștigat — sprijiniți pe fundamentul ferm al experienței — lupta de idei. Poziția lui Berzelius a contribuit la răsturnarea propriei sale ipoteze, pierzîndu-se, pentru o vreme, și ceea ce era miezul valoros, de nedezmințit, al ipotezei electrochimice.

Opera chimistului de la Stockholm a consolidat cuceririle lui Richter, Lavoisier, Davy, Dalton, încetățenind definitiv teoria atomistă. Berzelius a lăsat prețioasa moștenire a scrierii raționale, a deschis capitole noi în mineralogie, în chimia elementelor și în chimia organică, a contribuit masiv la perfecționarea analizei.

Opera lui Berzelius reprezintă încununarea unei epoci în istoria chimiei, definitivarea unor cuceriri, preludiul unor noi opere chimice.

Cu Berzelius, acest pasionat al preciziei, chimia devenea o știință exactă.

Partea a treia

XVII. Analiza și sinteza organică

„Trebuie să vă comunic că pot prepara uree fără a avea nevoie pentru asta de rinichi sau de vreun organism animal, în general, fie el organism de om sau de cîine".

WÖHLER către BERZELIUS

În 1812 se construiește în Anglia primul „vapor" de pasageri, iar în 1829 — prima linie ferată din lume. Mașina cu abur cucerește transporturile, industria textilă și, rînd pe rînd, toate domeniile tehnicii.

Anglia se transformă, în primele decenii ale veacului al XIX-lea, într-un uriaș atelier al lumii. Victorioasă împotriva Europei, ale cărei destine Napoleon își închipuia că le poate ține în frîu, ca pe niște regimente supuse ale armatei sale, Anglia devenea, pe atunci, stăpîna mărilor și a unui imens imperiu colonial.

Jefuirea sălbatică a coloniilor era una din principalele surse ale creșterii puterii industriale a burgheziei.

Înspre mijlocul secolului, mașinismul era triumfător în Anglia. La Manchester, Glasgow, Sheffield, Nottingham, mașinile cu abur acționează războaiele de țesut. Vechile mașini cu abur ale lui Watt, de joasă presiune, sînt înlocuite cu cele de „înaltă" presiune (7—8 atmosfere) ale lui Richard Trevithick, iar acestea, la rîndul lor, de motoarele lui George Stephenson, miner din Newcastle. Se dezvoltă industria construcțiilor de mașini; cresc șantierele navale.

Liniile de cale ferată se înmulțesc, iar drumurile pe ocean, pînă în America, nu mai durează, în anul 1843, decît 12 zile.

Forțele motrice ale istoriei nu pot fi zăgăzuite de încercările Sfintei alianțe, care voia să mențină pentru veșnicie vechea orînduire socială feudal-monarhică.

Mașinile mînate de abur, fierul și huila, apoi motorul electric își spuneau cuvîntul și în țările de pe continent.

Anglia visa să rămînă mereu și să crească mereu ca centru al unei lumi agrare, ca un soare industrial în jurul căruia să se învîrtească cîți mai mulți sateliți agrari. Expoziția din 1851 exprima acest vis englez; dar, în același timp, ea dovedea că monopolul industrial visat de burghezia engleză nu putea dura la infinit. Industriile tinere ale Americii, Franței, Germaniei, creșteau vertiginos. Piața mondială se consolida, legată prin transatlantice, prin linii ferate internaționale și linii de telegraf. Deceniile următoare lui 1850 au cunoscut o imensă creștere a producției industriale, o uriașă strîngere a avuției în mîinile unui număr tot mai restrîns de capitaliști, o concentrare tot mai puternică a forței de muncă în marile orașe industriale. Legea anarhiei și concurenței sălbatice acționa în economie cu puterea unei stihii. Convulsiv, trecînd prin perioada de avînt și de regres, se dezvoltă producția

de mărfuri. Crizele au început să fie socotite drept niște calamități inevitabile.
Pe acest fond al dezvoltării economice, științele naturii cunosc o dezvoltare impetuoasă. În numeroase țări iau ființă societăți științifice, școli superioare, politehnici, care devin pepiniere de cercetători ai naturii și tehnicieni.
Știința a dat principiul evoluției în biologie și principiul conservării energiei în fizică. A descoperit celula și curentul electric. Știința a început să creeze surse noi de energie, materiale noi. Ea inventează dinamita. Ea creează posibilitatea exploatării răumirositoarelor reziduuri de cărbune, a folosirii curentului electric. Ea dă materiale noi, ca ebonita. Ea dovedește ce poate în domeniul motoarelor. Capitalismul cere științei să fie rentabilă — și știința își dovedește uriașa ei rentabilitate. Ea dobîndește un rol tot mai important în dezvoltarea societății; tehnica veche meșteșugărească lasă definitiv locul de frunte tehnicii bazate pe calcul, pe principii fizice, pe știință. Burghezia avidă de profituri, devenită de mult o clasă reacționară și trădătoare a tuturor idealurilor de libertate și progres social, încurajează activitatea de cercetări științifice, dar se ferește ca de foc de concluziile sociale pe care le impune descoperirea adevărului despre natură și societate.

O forță socială nouă, o concepție revoluționară despre lume

Pe măsură ce prosperau afacerile burgheziei, mizeria creștea în păturile largi ale poporului.
La mijlocul secolului al XIX-lea se numărau numai în Anglia 15 milioane de muncitori. Ei erau mînuitorii mașinilor. Munca lor, făuritoarea unor uriașe cantități de mărfuri industriale, devenea, pentru stăpînii uneltelor de producție izvor de plusvaloare, iar aceasta se transforma în capital, — mijloc de stoarcere a unei noi plusvalori. Exploatarea imensei majorități a populației de o minoritate tot mai restrînsă — iată condiția de existență a societății capitaliste.
Mînată de setea de profituri, marea burghezie reducea salariile, obliga pe muncitori să lucreze noaptea, impunea ziua de muncă de 16 ore, angaja copii cu un salariu de cîțiva gologani pe oră. Șomajul devenea cronic.
Proletariatul creștea în număr. El își dibuia căile. În ciuda teribilei terori guvernamentale, clasa muncitoare își strîngea pretutindeni rîndurile, ridicîndu-se la luptă. În 1847 se constituie „Liga comuniștilor".
Din visul unei lumi fără exploatare, visat de toți obidiții lumii și exprimat de utopiști, din analiza profundă, științifică, a relațiilor economice și a factorilor de dezvoltare a societății, din rezultatele a 2 000 de ani de gîndire științifică, descoperind pe aceste baze cele mai generale legi de dezvoltare a naturii și societății, Marx și Engels, conducătorii proletariatului mondial, au făurit arma ideologică a acelei clase a cărei menire istorică este transformarea revoluționară a lumii. Ei făureau concepția despre natură și societate, care, însușită de masele proletare, avea să devină o forță materială invincibilă.

Prima mare bătălie dintre proletariat și burghezie se dă pe baricadele înălțate la Paris în iunie 1848. Burghezia trăiește, în acele zile, prima spaimă teribilă în fața hotărîrii de luptă, în fața forței morale și materiale a maselor de exploatați.
A doua jumătate a secolului al XIX-lea a cunoscut înălțarea Comunei din Paris, eveniment de uriașă importanță mondială, prima victorie a proletariatului internațional. Comuna din Paris a fost gîtuită și scăldată în sînge după 72 de zile de existență; nu însă înainte de a fi demonstrat, în fața omenirii, inepuizabila energie, capacitatea de organizare, forța de creație, spiritul de luptă și abnegație, de patriotism și frăție internaționalistă a proletariatului.
Dureroasele jertfe ale „asaltatorilor de ceruri" n-au frînt însă hotărîrea de luptă a clasei muncitoare. Tot mai numeroase, mai organizate sînt armatele proletare care-și strîng rîndurile sub steagul înălțat de Marx și Engels.

*
* *

Rezultantă istorică a practicii revoluționare și a cuceririlor științelor despre natură și societate, ideologia proletariatului a însemnat cea mai mare revoluție în domeniul filozofiei, al economiei politice, al științelor sociale în general. Ea s-a dezvoltat în mediul incandescent al luptelor proletariatului și o dată cu marile descoperiri ale științelor naturii, devenind cea mai armonioasă concepție despre natură, despre transformarea societății, despre cucerirea adevăratei libertăți și demnități omenești.
Fundamentînd filozofia pe practica revoluționară și științele naturii, Marx și Engels au analizat critic întreaga creație a gîndirii umane. Ei au făurit și au dezvoltat materialismul dialectic într-o luptă neobosită împotriva ideologilor orînduirii capitaliste, a reprezentanților idealismului, metafizicii și ai materialismului vulgar, mecanicist.
Cu rare excepții[1], cei ce se ocupau cu științele naturii erau tributarii sistemelor filozofice profesate de la catedrele oficiale. Nici oamenii de știință care aveau zilnic prilejul să vadă și să urmărească — sub microscoapele lor, în retortele și eprubetele lor, în flăcările focarelor industriale sau în straturile geologice și fosilele rămase în aceste straturi, ca mărturii ale istoriei pămîntului și vieții — aspecte ale naturii în necontenită transformare, nu izbuteau să depășească limitele unui materialism spontan, destul de primitiv, metafizic și mecanicist în esența lui.
Chiar printre cercetătorii care nu puneau la îndoială realitatea și cognoscibilitatea lumii, erau foarte puțini aceia care izbuteau să se ridice pînă la o viziune a realității, din care să dispară liniile de hotar și îngrădirile pe care

[1] Carl Schorlemmer (1834—1892), chimist londonez, prieten personal al lui Marx și Engels, membru al Partidului Social-Democrat din Germania, și-a însușit filozofia marxistă și și-a fundamentat cercetările pe materialismul dialectic, punînd în lumină, în tratatul său de chimie organică, dialectica fenomenelor chimice și dezvoltarea dialectică a ideilor în istoria chimiei. Schorlemmer a fost unul dintre rarii oameni de știință ai vremii lui care l-a citit pe Hegel. El a urmărit în spalt *Capitalul* lui Karl Marx. După modelul lui Marx, care pornea analiza economiei capitaliste de la „celula" acestei economii,marfa, Schorlemmer a tratat chimia organică, pornind de la „celula" tuturor compușilor organici: hidrocarburile. A făcut cercetări originale de excepțională importanță în domeniul hidrocarburilor și a dezvoltat teoria structurii a lui Butlerov, pe baze experimentale și teoretice.

necesitatea clasificării și a studiului pe obiect le ridicaseră, în veacul al XVII-lea și al XVIII-lea, între lucruri, între fenomene, între discipline și științe speciale. Puțini erau aceia care s-au ridicat pînă la nivelul gîndirii și înțelegerii dialectice, istorice a lumii, pînă la sesizarea interconexiunii fenomenelor naturale.

Peste toate limitările empiriste, marile descoperiri ale veacului al XIX-lea exprimau și confirmau dialectica naturii.

Prin demonstrarea experimentală a principiului conservării energiei, fizica ajunsese la adevărul dialectic al transformării diferitelor feluri de energie unele în altele.

Prăpastia dintre anorganic și organic, pe care mai toți o credeau de netrecut, se îngusta și își pierdea adîncimea prin sintezele de substanțe organice din anorganice.

Descoperirile în geologie și paleontologie demonstrau devenirea organismelor și straturilor pămîntului. Geniul lui Darwin a pulverizat zidurile înălțate de fixiști între speciile animale, a arătat că toate speciile vegetale și animale își au istoria lor.

S-a demonstrat că protoplasma și celula se regăsesc ca factor comun în constituția tuturor organismelor, existînd și ca forme vii de sine stătătoare; prin aceasta s-a redus la minimum prăpastia dintre natura anorganică și cea organică, iar teoria evoluționistă a căpătat argumente din cele mai puternice.

Tot ce fusese considerat imobil și etern se dovedea vremelnic. Prăpăstiile dintre fenomene se umpleau, zidurile dintre lucruri se prăbușeau. Se descoperea că fenomenele sînt legate între ele prin legile interconexiunii, că lumea este în eternă mișcare și transformare.

Faptele descoperite în secolul al XIX-lea de experimentatori ca Bunsen, Kirchhoff, Emil Fischer, legile descoperite în fizică de Maxwell, în chimie de Butlerov, Van't Hoff, Mendeleev au dezvăluit rînd pe rînd alte trăsături profunde ale realității, care deveneau tot atîtea argumente ale materialismului dialectic.

„... revoluția care este impusă științelor teoretice ale naturii... trebuie să facă chiar și pe cel mai îndărătnic empirist să recunoască tot mai mult caracterul dialectic al proceselor naturii" scria Engels în 1894[1].

Evoluția ulterioară a științei a arătat cît de imperios necesară devenea pentru cercetătorii naturii și ai societății înțelegerea materialist-dialectică a fenomenelor studiate.

Se naște chimia organică

Burghezia germană lupta să cucerească piața internă a Germaniei și — dacă se putea — a Europei întregi.

Statul prusac încuraja bănește întreprinderile industriale și comerciale. Tot ce putea fi prefăcut în marfă ieftină, vandabilă, pe baza unei materii prime accesibile, era cercetat; invențiile care duceau la mărfuri noi erau stimulate și încurajate.

[1] Fr. Engels, *Anti-Dühring*, E.S.P.L.P., București, 1955, p. 18.

Uzinele germane, tinere concurente ale celor engleze, aveau cîte un consilier științific, care pentru cîteva zeci de taleri pe lună trebuia să studieze mijloacele de mărire a deverului fabricii și să creeze produse noi.
Anglia era tare în producția de mașini și în țesături. Izbutise să smulgă din cărbune și gazul de iluminat. Dar aici, în domeniul producției chimice, erau încă multe surprize de așteptat, multe invenții care puteau deveni baza unor noi industrii chimice. Burghezia germană își pune nădejdile în aceste invenții.
Corăbiile întreprinderii engleze „Bengal Indigo Corporation" încărcau la Calcutta splendidul colorant indigo extras de hinduși din arbustul *Indigofera tinctoria*, pentru a-l aduce pe piața europeană. În 45 de ani, industria textilă a Angliei crescuse în proporții uriașe. În 1785 munceau în industria engleză 80 000 de oameni; în 1830 numărul lor se ridicase la 830 000 de oameni. Aceasta însemna o uriașă creștere a cererii de coloranți.
Indigoul este una din cele mai bune afaceri. Chimiștii cercetează acest colorant, rezistent la soare, la apă, la leșie, pe care natura îl sintetizase în celulele arbustului indian.
Corăbiile „Companiei Indiilor de răsărit" transportau ceai și cafea, coajă de copac de China și opiu, zeci de mii de lăzi de opiu extras din capsulele macilor *(Papaver somniferum)*.
Sucul lăptos, care picură din tăieturile făcute cu grijă în capsulele încă crude ale macilor cultivați în India, cu mînă de lucru indiană, ieftină, lacrimile capsulelor de mac sînt transportate în China pentru a fi vîndute zecilor de milioane de „supuși ai imperiului ceresc". Opiul distruge trupul după ce pustiește ființa morală a omului, după ce-i întunecă mintea. Dar negustorii englezi nu admit să se oprească acest comerț. Nu luptă ei pentru liberalism? Omul este liber să-și cumpere, cu gologanii lui, și visul și moartea. Comerțul cu opiu a devenit pretextul unui război colonial între Anglia și China, în urma căruia aceasta este nevoită, în ciuda eroicei rezistențe a poporului, să accepte condițiile înrobitoare ale imperialiștilor.
Este ușor de înțeles ce interes prezentau pentru chimiști opiul, cu acțiunea lui atît de puternică asupra sistemului nervos, scoarța arborelui de chinină, care vindeca de malarie, boabele de cafea și frunzele de ceai.
Farmaciștii și chimiștii își puneau problema extragerii substanțelor active. Societățile comerciale încurajează aceste cercetări.
Ajutorul de spițer Friedrich Wilhelm Sertürner, în vîrstă de 21 de ani, publică în anul 1805 cercetările sale asupra izolării unei substanțe bazice din opiu, iar în anul 1816 el desăvîrșește metoda de extragere, cu ajutorul acizilor, a unei substanțe active din opiu, pe care o numește, poetic, *morfium*, după numele zeului somnului. Mai tîrziu, ea va căpăta numele de morfină. Gay-Lussac, înțelegînd importanța descoperirii, traduce lucrarea lui Sertürner.
În anul 1820, chimiștii francezi Pelletier și Caventou extrag chinina din scoarța arborelui de China, pe care botanistul Linné îl botezase cincon, după numele viceregelui din Peru, care fusese vindecat de malarie cu fierturi din scoarța acestui arbore.
Pelletier și Caventou izolează și a doua substanță activă din scoarța arborelui de China, pe care o numesc cinconină.
În 1821, aceiași chimiști extrag, în același timp cu Robiquet în Franța și Ferdinand Runge în Prusia, cafeina din cafea.

Zeci de substanțe active, extrase din sucul plantelor din familia pintenului cocoșului, a macului, a cartofului se alătură morfinei, chininei și cinconinei. Ele căpătau numele de alcaloizi, datorită însușirilor lor alcaline, dintre care cea mai importantă era proprietatea de a da săruri cu acizii. Pe această însușire se și baza extragerea alcaloizilor. Curînd fu cunoscută papaverina, extrasă din opiu. Descoperirea de noi alcaloizi din diferite plante deveni un obiect de cercetare obișnuită a chimiștilor. Aceste substanțe aveau însușiri terapeutice, narcotice, toxice și deveniră, pe o perioadă de zeci de ani, baza preparării medicamentelor.

Cercetarea nu se oprea la plante. Se cercetează coarnele, copitele, oasele și părul animalelor. Se examinează produsele de distilare a cărbunelui de pămînt și se descoperă, astfel, alte substanțe organice cu caracter alcalin.

Pe lîngă zaharuri, grăsimi, alcool, eter, cunoscute de multă vreme, se adaugă astfel sute de substanțe complexe noi, — toate combinații ale carbonului, toate provenite din plante sau animale.

Chimia organică devenea o știință de sine stătătoare. Obiectul ei îl formau substanțele de origine vegetală și animală.

Se examinează urina, sîngele, sucul plantelor, precum și substanțele obținute din ele. În toate laboratoarele găseai acum uree extrasă din urină, acid oxalic din măcriș, acid citric din lămîi, acid malic din mere. Aceste substanțe dădeau combinații cu acizii și bazele anorganice. Multe substanțe organice nou descoperite aveau în compoziția lor numai carbonul și hidrogenul, ca de pildă, benzenul descoperit în 1825 de Faraday; altele aveau și oxigen pe lîngă carbon și hidrogen, ca alcoolii și eterii iar altele, ca alcaloizii, erau alcătuite din carbon, hidrogen, oxigen și azot.

Metodele de analiză a substanțelor organice descoperite de Lavoisier sînt îmbunătățite de Gay-Lussac, Louis Jacques Thénard și Berzelius.

În 1811, Gay-Lussac și Thénard perfecționează metoda de ardere a substanțelor organice și de culegere a gazelor produse prin ardere: azot, bioxid de carbon, vapori de apă. În 1814, Berzelius perfecționează metoda, folosind un tub de ardere orizontal, schimbînd agentul de oxidare folosit și simplificînd calculele necesare.

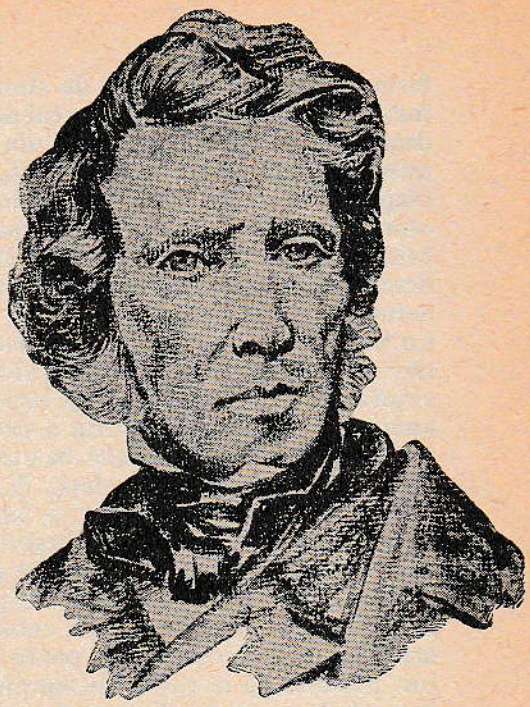
În 1815, Gay-Lussac aduce o nouă perfecționare analizei substanțelor organice. El stabilește, ca mijloc de control în analiza combinațiilor organice, determinarea greutății specifice a vaporilor substanței analizate.

Un elev german a lui Gay-Lussac va perfecționa, pe baza ideilor maestrului său, metoda de analiză elementară, transformînd-o într-un mijloc simplu, rapid și practic de determinare a compoziției. Acest elev este Justus Liebig.

Cu Liebig și contemporanul său Friedrich Wöhler începe, de fapt, bătălia pentru realizarea sintezei substanțelor organice.

Prima sinteză organică. Wöhler (1800-1882), Liebig (1803-1873)

Era în preajma anului 1820. Călcînd regulile impuse de proprietarul farmaciei în care lucra ca asistent, un chimist care nu împlinise încă 20 de ani, făcea — în mansarda farmaciei — experiențe periculoase cu o substanță explozivă: fulminatul de argint. Pentru acest act de indisciplină, chimistul, pe [nume



Friedrich Wöhler

Justus Liebig, fu concediat. Dar pe vremea aceea interesul pentru descoperirea unor substanțe noi și pentru cercetarea acestor substanțe era tot atît de viu pe cît de puternică era dezvoltarea mașinismului, a industrializării capitaliste, a comerțului mondial.

Concediat, Liebig nu-și părăsi preocupările. În laboratorul tatălui său, producător de lacuri și vopsele, în laboratorul profesorului său din Bonn și apoi în marile laboratoare ale celebrului Gay-Lussac din Paris, Liebig își continuă cercetările, închinîndu-și pasiunii pentru chimie anii tinereții.

Experimentînd cu succes, sub supravegherea maestrului său din Paris, Liebig reușește să facă analiza fulminatului de argint, care se dovedea a fi alcătuit din argint, carbon, oxigen și azot. Formula corpului era, deci, Ag O C N. Această formulă fu stabilită în anul 1824. Or, cu puțină vreme înainte, chimistul Friedrich Wőhler, pornind de la ferocianură de potasiu, obținuse acid cianic și săruri ale acidului cianic. Sarea de argint a acidului cianic dădea la analiză aceleași rezultate ca și fulminatul de argint al lui Liebig: un atom de carbon, unul de oxigen, unul de argint și unul de azot; deci aceeași formulă: Ag O C N. Dar fulminatul și cianatul de argint se deosebeau între ele. Ca să nu mai vorbim de alte deosebiri, — prima substanță era explozibilă, cea de-a doua, descoperită de Wőhler, nu făcea explozie. Acest fapt era inexplicabil. Chimiștii nu puteau concepe ca două substanțe, răspunzînd aceleiași formule, să aibă însușiri deosebite.

Să se fi strecurat vreo greșeală în analiză? Dar cine a făcut această greșeală? Liebig lucrase la analiza fulminatului sub supravegherea directă a maestrului său, creator al metodelor de analiză în domeniul chimiei organice. Și unul și altul erau siguri că aveau de-a face cu Ag O C N. Și unul și altul erau încredințați că descrierea proprietăților combinației cercetate corespundea realității.

Au hotărît să aibă o întrevedere și să repete, în comun, experiențele. Rezultatul acestei întrevederi fu că nici unul, nici altul nu greșise. Se găseau în fața a două substanțe deosebite ca însușiri, avînd totuși același număr de atomi de același fel în molecula lor.

După aceste experiențe comune, cei doi chimiști au legat o prietenie pe viață. Problema în fața căreia se găseau Wőhler și Liebig cerea o rezolvare teoretică. Faptele sînt încăpățînate. Faptul descoperit de cei doi tineri savanți dovedea — fără posibilitate de tăgadă — că teoria care domnea pe atunci nu mai putea cuprinde și explica rezultatele experienței. Se susținea că două corpuri cu aceleași proprietăți nu pot să aibă decît același număr de atomi de același fel în molecula lor, și invers, că două corpuri care au moleculele

formate din același număr de atomi de același fel trebuie să aibă și aceleași însușiri. Dar iată că fulminatul de argint și cianatul de argint au însușiri deosebite. Problema era pusă de experiență. Rezolvarea ei teoretică nu putea fi încă dată. Deocamdată, un lucru era sigur: două corpuri pot răspunde aceleiași compoziții moleculare, pot avea în moleculă aceiași atomi și același număr din fiecare fel de atomi și totuși să se deosebească prin proprietățile lor. În 1831, Berzelius a creat cuvîntul izomerie pentru desemnarea acestui fenomen. Cuvîntul a rămas pînă astăzi, îmbogățindu-și neîncetat conținutul.

Cu toate asemănările dintre substanțele organice și anorganice, deși cele organice puteau fi și ele dizolvate, cristalizate, așa cum se manipula și cu substanțele anorganice, totuși toți chimiștii erau convinși că între substanțele anorganice și organice există o deosebire fundamentală. Cele organice erau produse de plante și animale în cursul vieții lor; ele rezultau dintr-un proces vital, erau un produs al vieții. Și, de aceea, — credeau chimiștii vremii — ele nu puteau fi sintetizate în laborator, unde lipseau condițiile ce există în organismele vii. Pînă la sfîrșitul primului pătrar al veacului al XIX-lea, erau cunoscute sute de substanțe organice, dar nici una nu fusese obținută pe cale artificială. În același timp se sintetizau alte substanțe anorganice. Domnea convingerea că orice substanță minerală care se găsește în natură, oricît ar fi ea de complexă, poate fi reprodusă pe cale artificială, în laborator, pornind de la corpurile simple din care este alcătuită. Astfel, cu toate încercările nereușite de a produce în laborator ultramarinul[1], chimiștii erau convinși că se putea produce ultramarin artificial.

Și într-adevăr, în anul 1826 chimistul francez Jean Baptiste Guimet prepară ultramarin în laborator.

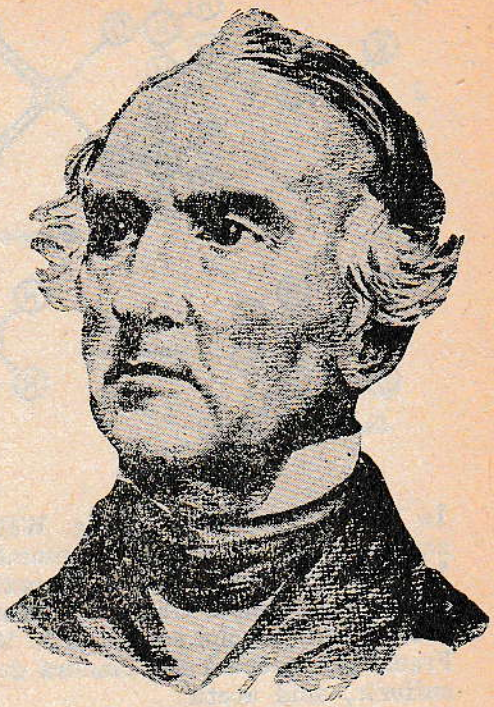
Doi ani mai tîrziu se petrece un eveniment care avea să însemne un punct de cotitură în istoria chimiei. Wőhler, pe atunci în vîrstă de 28 de ani, sintetizează o substanță organică: ureea. El preparase încă în anul 1822 acidul cianic (H O C N), cu care făcuse experiențele care l-au dus la cianatul de argint.

Încercînd să prepare pe cale simplă, dintr-o soluție apoasă, sarea de amoniu a acidului descoperit de el, adică cianatul de amoniu (NH_4OCN), Wőhler pornește de la cianatul de potasiu (KOCN) și sulfatul de amoniu ($(NH_4)_2SO_4$), adică de la două substanțe eminamente anorganice. El încălzește soluția apoasă, o concentrează prin evaporare și obține o substanță cu aceeași formulă de compoziție ca și cianatul de amoniu, pe care-l aștepta, dar avînd cu totul alte însușiri. Wőhler nu se putea înșela. El obținuse uree. Obținuse, așadar, o substanță organică, prin sinteză, în laborator.

În ediția din 1824 a dicționarului de chimie al lui Andrew Ure, se poate citi: „Cel mai bun procedeu pentru a obține ureea constă în evaporarea urinei pînă la consistență siropoasă, avînd grijă să se regleze căldura către sfîrșitul evaporării; se adaugă puțin cîte puțin, acestui sirop, un volum egal de acid azotic de 24°..."[2] În 1828 acest articol devine desuet. Nu mai este nevoie de rinichi de animal pentru obținerea ureei. O simplă operație de laborator duce la obținerea cristalelor tetraedrice, transparente și incolore de

[1] Pulberea pietrei lapis lazuli, cea mai scumpă culoare, mai scumpă decît aurul în epoca de care vorbim; în antichitate, Tutmes al III-lea, faraon al Egiptului, o primea ca tribut de la regii Asiriei.

[2] Andrew Ure, *op. cit.*, p. 462.



Justus Liebig

uree. Vorbind despre descoperirea lui Wöhler, cu mulți ani mai tîrziu, chimistul Kolbe spunea: „Wöhler căuta un măgăruș, și a descoperit un imperiu". Prin aceste cuvinte, Kolbe sublinia caracterul întîmplător al descoperirii lui Wöhler. Și a fost, într-adevăr, o întîmplare că Wöhler a descoperit ureea. Dar s-ar fi putut, oare, petrece această întîmplare înainte cu cîteva zeci de ani? Înainte de a se fi realizat metodele de analiză a substanțelor organice? Înainte de a se fi trezit acel interes viu pentru studiul substanțelor organice, înainte de a se fi cunoscut și studiat ureea?

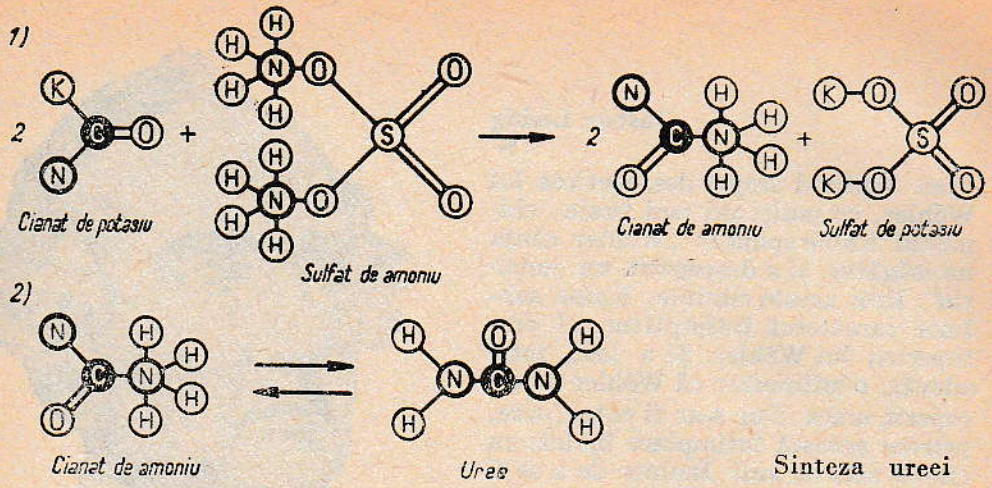
Întîmplarea descoperirii sintezei ureei, ca și multe alte întîmplări din istoria științei, din istoria omenirii, în general, sînt rezultatul unei necesități istorice. Întîmplarea este fiica necesității.

Materialul experimental strîns de chimiști la sfîrșitul veacului al XVIII-lea și începutul celui de al XIX-lea, schimbul nou de idei între chimiștii din lumea întreagă, bogăția de date cu privire la substanțele organice din natură și mai ales, mijloacele noi, perfecționate, pe care le aveau la-ndemînă laboratoarele de chimie, încurajate de nevoile industriei și comerțului, împingeau către asemenea descoperiri epocale ca sinteza ureei.

Cu această sinteză începe istoria prăbușirii concepției idealiste în chimia organică. Această concepție, împărtășită și de Berzelius, susținea că în corpurile vii există o forță specială, o forță a vieții *(vis vitalis)*, care determină producerea substanțelor alimentare, a celor ce compun țesuturile și sucurile organismelor animale și vegetale. Pigmentul roșu din sînge, cel verde din frunzele plantelor, aromele din cafea și ceai, substanțele active din sucul plantelor, ureea din urină, zaharurile, grăsimile nu pot fi produse fără misterioasa forță a vieții. În natura vie — susținea Berzelius — elementele sînt supuse altor legi decît în natura lipsită de viață.

Sinteza ureei era prima dovadă limpede, prima dovadă experimentală că nu este necesară nici o forță misterioasă pentru a produce substanțe organice. Teoria vitalistă ridicase un zid de nestrăbătut între clasa substanțelor anorganice și clasa substanțelor organice. Teoria vitalistă vorbea de un hotar al neputinței omenești. Ea părea că spune: mai departe nu se poate! Dar practica începea să dovedească contrariul.

Wöhler obținuse, cu patru ani înaintea sintezei ureei, acidul oxalic (care se găsește în plante) din cian, care la rîndul său se obține din substanțe anorganice.



Sinteza ureei

În 1837, împreună cu Liebig, Wőhler produce în laborator, prin oxidarea acidului uric cu peroxid de plumb, alantoina[1], produs al vieții animale. În 1844, Herman Kolbe sintetizează acidul tricloracetic, derivat al acidului acetic, prin simplă tratare a clorurii de carbon cu clor, în prezența apei, sub acțiunea razelor solare. Și în 1848, același Kolbe, împreună cu Edward Frankland, prepară din cianură de metil (CH_3—CN) prin fierbere cu acid sulfuric, acid acetic.

Epoca sintezelor organice începe cu aceste modeste reacții.

Între timp însă, analiza organică devine tot mai sigură, tot mai precisă. În laboratoarele lui Liebig, la Giessen, laboranții știu să pregătească soba de combustie, să umple tubul de ardere cu oxid de cupru, să introducă nacelele cu substanțe de analizat. Toți studenții lucrează cu aparatele de analizat gazele rezultate din ardere. Toți studenții știu să calculeze o formulă de compoziție.

Se cîntărește cu atenție și precizie maximă cantitatea de substanță luată în analiză; din bioxidul de carbon rezultat din ardere (în curent de oxigen), se calculează cît carbon se află în substanța cîntărită. Din cantitatea de apă rezultată se stabilește cît hidrogen conținea corpul. Se măsoară volumetric azotul produs. Se ține seama de greutățile atomice ale carbonului, hidrogenului, azotului, oxigenului.

În laboratoarele din Giessen, analiza elementară este condiția primară a oricărei cercetări.

Liebig inventează aparate și dispozitive de laborator, care ușurează condițiile de lucru. Refrigerentul Liebig, vasul de absorbție a gazelor Liebig, aparatul de analiză elementară după Liebig...

Justus Liebig devine, ca și Berzelius ceva mai înainte, un maestru necontestat al chimiei. Analele lui Liebig sînt citite de toți chimiștii serioși ai vremii. A deveni asistent al lui Liebig însemna a te consacra, ca nume,

[1] Alantoina este o ureidă a acidului glioxalic, în formula căreia se recunosc două resturi de moleculă de uree (H_2N — CO — NH_2) și una de acid glioxalic (CHO — COOH).

Jean Dumas

în chimie. Cursurile lui Liebig sînt audiate de mii de studenți din toate țările lumii.

Poate tocmai de aceea crește prea mult încrederea acestui chimist în propria-i putere de gîndire.

Cînd Jean Baptiste Dumas (1800—1884) face celebra experiență de substituire a hidrogenului cu clor[1], prin atacarea cerii cu clor, și îndrăznește să afirme împotriva lui Berzelius că hidrogenul electropozitiv poate fi înlocuit prin clor (element electronegativ) — dînd astfel o lovitură puternică teoriei dualiste, electrochimice, a savantului suedez, — Liebig, arogant și disprețuitor, scrie un articol defăimător. Semnează acest articol cu pseudonimul: S.C.H. Windler (care citit la un loc, Schwindler, înseamnă șarlatan). Or, în acest articol, publicat chiar în numărul din 1840 al „analelor" în care inserează memoriul lui Dumas, el ia în derîdere pe francez. Articolul este redactat ca o scrisoare imaginară.

„Paris, 1 martie 1840. Mă grăbesc să vă comunic unul din fenomenele cele mai eclatante ale chimiei organice..."

Și imaginarul S.C.H. Windler povestește cum a izbutit să înlocuiască hidrogenul, oxigenul, manganul și chiar carbonul din acetatul de mangan, prin clor, și pretinde prioritatea pentru extraordinara sa descoperire, „substituția carbonului prin clor, atom cu atom". Împingînd pînă la absurd concluziile lui Dumas, Liebig izbutește să facă o glumă, dar nu și să lichideze ideea substituirii, care va învinge datorită unor experiențe, în fața cărora el însuși va trebui să se încline.

Dacă pe tărîm teoretic, Liebig va greși și în alte probleme ca, de pildă, aceea a catalizei (pe care voia s-o explice exclusiv prin ciocniri între molecule), în domeniul lucrărilor practice, meritele lui sînt incontestabile. Împreună cu Wöhler, Liebig face în 1832 o serie de experiențe asupra esenței de migdale amare. Cei doi chimiști prepară din acest ulei o serie de compuși ai „radicalului benzoil", care nu preexistau în produsul natural. Și, astfel, ideea sintezei organice propriu-zise își face tot mai mult loc. Același Justus Liebig va întemeia chimia agricolă și alimentară, cercetînd condițiile de creștere a plantelor și substanțelor nutritive, în regnul vegetal și animal.

La mijlocul veacului al XIX-lea, analiza și sinteza organică depășiseră stadiul începuturilor. Aceasta nu înseamnă că teoria vitalistă fusese definitiv îngropată. Puținele sinteze de substanțe organice, realizate pînă aproape

[1] Prima operație de clorurare a unei substanțe organice a fost efectuată de T.E. Loviț, în Rusia.

de sfîrșitul primei jumătăți a secolului trecut, nu izbutiseră însă să facă loc convingerii că chimia va putea crea metode de producere a zaharurilor, a grăsimilor, a substanțelor albuminoide din organismele vegetale și animale. Cu atît mai puțin că va putea crea substanțele organice, pe care natura nu le creează.

Gerhardt[1] mai scria în 1844:

„Chimistul face totul în opoziție cu natura vie; el arde, distruge, operează prin analiză; forța vitală, numai ea operează prin sinteză, ea reconstruiește edificiul dărîmat prin forțele chimice".

A doua jumătate a secolului al XIX-lea și secolul nostru vor dezminți pe Gerhardt și pe toți vitaliștii. Chimia va dovedi că este în stare să-și propună sarcini, socotite altă dată visuri nesăbuite.

Primele sinteze experimentale au fost începutul unui drum glorios care, în zilele noastre, a ajuns la cauciuc sintetic, vitamine și hormoni sintetici, fibre sintetice, derivați organici ai siliciului.

[1] Charles-Frédéric Gerhardt (1816—1856), celebru chimist francez, născut la Strasbourg, elev al lui Liebig. Din lucrările sale, ale lui Auguste Laurent și ale lui Dumas, s-a născut teoria substituției și a „tipurilor" de substanțe organice, teorie unitară, opusă celei dualiste, electrochimice a lui Berzelius.

XVIII. Începutul istoriei coloranților sintetici

„Ca ființă reală, omul este așezat în mijlocul lumii reale și este înzestrat cu astfel de organe, încît poate cunoaște și produce realul și, alături de el, posibilul..."

GOETHE

Îndigoul natural se cunoaște de 2 000 de ani. Și tot de mii de ani se cunoaște purpura.

Melcul de mare[1] pentru purpură și gîndacul coșenila pentru roșul natural erau baze de materii prime prea reduse pentru a satisface nevoia de coloranți a puternicei industrii textile mecanizate, care a devenit, la începutul secolului al XIX-lea, una din cele mai puternice ramuri ale industriei engleze. S-au căutat alte surse de materii colorante.

Rădăcina de roibă *(Rubia tinctorum)* dădea un colorant roșu, alizarina sau roșul vegetal; dar cel mai prețios colorant se extrăgea din arbuștii indieni de indigo. Despre indigoul indian pomeneau Pliniu cel Bătrîn și Dioscoride. Prepararea lui a fost descrisă în secolul al XVIII-lea de celebrul călător venețian Marco Polo.

La mijlocul secolului al XVIII-lea, Anglia izbuti să înlocuiască Franța ca stăpînă a Indiei. Devenită colonie engleză, India producea pentru metropola stăpînă: orez, grîu, bumbac, trestie de zahăr, iută ceai, plante oleaginoase, cărbune, mangan, aur, plumb și indigo.

Cu brațele hindușilor, plătiți cu jumătate de rupie pe zi (atît cît era de ajuns ca să moară încet de foame), companiile engleze au doborît pinii indieni, cu lemnul tare ca piatra, tamarinzii uriași, stejarii de plută și palmierii junglei, legați între ei prin liane și viță sălbatică. Și au desțelenit zeci de mii de hectare. Cu brațele femeilor și bărbaților hinduși, sub supravegherea necruțătorilor zbiri ai companiilor, sub soarele torid al tropicului, capitalul englez „cultiva" arbuștii de indigo.

De două ori pe an se culege recolta de *indigofera tinctoria*. Și se culege greu. Arbuștii se recoltează cu cuțite speciale, încovoiate ca secera. Se transportă apoi spre rezervoare de fermentație, zidite în pămînt. Se toarnă o anumită cantitate de apă peste grămezile de arbuști. Fermentația începe repede, la temperatura de circa 40°, care domnește în sezoanele culesului. Ea durează, în total, 12—15 ore. Momentul terminării fermentației se cunoaște după mirosul și gustul lichidului. Cînd spuma albastră se ridică la suprafață,

[1] *Murex brandaris*, *Murex trunculus*, *Purpura capillus* și *Purpura aperta* sînt speciile de moluște care secretă purpură.
Pentru a se face analiza colorantului (care s-a dovedit a fi de aceeași structură și de compoziție chimică foarte apropiată cu a indigoului: purpură antică = dibrom-indigo) s-a izolat din 12 000 de melci *(Murex brandaris)*, 1,5 grame de colorant.

se deschid cepurile și leșia gălbuie curge în bazine. Lichidul este apoi amestecat și biciuit cu bastoane de bambus pentru a lăsa aerul să pătrundă în masa lichidului. Pigmentul albastru se separă și se depune pe fund ca un mîl. După îndepărtarea stratului de apă, mîlul albastru se fierbe în hîrdaie mari cu apă și apoi se filtrează. Pe filtre rămîne pasta de indigo, care se taie în felii și se trece în uscătorie.
După uscare, indigoul apare ca niște bulgări de pămîntel compact și moale, care, zgîriat cu unghia, prezintă un luciu mat, arămiu. Bulgărele de indigo rupt prezintă o față netedă albastră, purpurie, mai închisă sau mai deschisă, după calitate.
Indigoul de India și de Iava au alimentat zeci de ani țesătoriile mecanice și vopsitoriile Europei. Industria engleză dispunea de o sursă relativ ieftină de indigo. Altfel stăteau însă lucrurile cu Germania.
Prin anii 1826—1828 un chimist amator german, pe nume Otto Unverdorben (1806—1873), analiza rășina de benzoe și alte rășini străine. Era un iubitor al culorilor naturale, al naturii în mijlocul căreia trăia și muncea. Își organizase la ferma sa de la Dahme, lîngă Potsdam, un laborator bine utilat, cu cuptoare, aparate de distilare, retorte și mojare, termometre și reactivi.
Componența indigoului era o problemă pasionantă. În general, natura culorilor era o problemă pasionantă. Nu se ocupase oare de culori și olimpianul Goethe?
Unverdorben încearcă, în anul 1826, distilarea uscată a acestui colorant. Obține, printre alți produși, niște cristale aciculare, limpezi ca apa, care sublimau la încălzirea indigoului. Nu știa ce sînt aceste cristale. Nu avea la îndemînă mijloacele de analiză a substanțelor organice, metode care abia în vremea aceea se constituiau. Dar știa foarte bine că substanța obținută de el nu era cunoscută, că nimeni nu încercase distilarea uscată a indigoului. El inventă un nume simplu: cristalin, și comunică descoperirea lui în analele de fizică și chimie ale lui Poggendorff[1].
Cristalinul lui Unverdorben intrigă pe mulți chimiști. Era aici un început de pătrundere în compoziția acestei substanțe prețioase care era indigoul.

Runge (1795~1867) investighează gudronul

Se pare că chimistul Runge l-a vizitat pe Unverdorben. În orice caz, a citit comunicarea din analele bunului său prieten Johann Christian Poggendorff. Runge era un om retras, gata să stea zeci de ore în șir singur în laborator, să cerceteze reacțiile plantelor la substanțe chimice, să încerce tot felul de rețete și combinații.
Era profesor de chimie la Breslau, dar activitatea de catedră nu-i era pe plac. Voia să cerceteze într-un laborator bine utilat. Voia să experimenteze. În anul 1852, avea 38 de ani. Atunci părăsi catedra de la Breslau și se angajă la o fabrică de chimicale de la Oranienburg, proprietate a societății

[1] Fizician și chimist german născut la Hamburg (1796—1877). Inventator al unor aparate de măsurat mărimi electrice și creator al unei metode de măsurare; director al revistei „Analele de fizică și chimie".

„Comerțul maritim regal", unde lucra și chimistul dr. Hempel, ca șef al producției.
Uzina producea acid sulfuric, sulfat de fier, de zinc, de cupru, de sodiu, acid clorhidric, sodă, amoniac. Folosea, ca materii prime, pirite, sulfați naturali, sulf nativ, cărbune, apele de spălare ale uzinelor de gaz (din care extrăgea amoniacul). Împreună cu apele de spălare, uzina de gaze trimitea fabricii din Oranienburg un alt deșeu de fabricație: gudronul de huilă.
În curtea fabricii erau adevărate mlaștini rău mirositoare de gudron de huilă vîscos și întunecat.
Runge avea obligația să găsească produse noi, comercializabile. Crea lacuri, cerneluri, înlocuitori de ceară pentru lumînări.
Gudronul era neutilizat. Runge nu era unul din acei profesori de filozofie idealistă care negau realitatea și disprețuiau activitatea experimentală. El era un om care-și ducea viața în mijlocul unei activități productive. Realitatea băltoacelor de gudron neutilizat era mereu sub ochii lui. Runge bănuia în acest material vîscos, obținut din distilarea cărbunelui, substanțe interesante care puteau deveni, odată și odată, mărfuri.
Runge își propuse să cerceteze gudronul. Cît se poate de sistematic. Distilă în retorte gudronul la temperaturi diferite, adăugînd în unele retorte acizi, în altele baze. Primul rezultat obținut fu separarea gudronului în două fracțiuni: un lichid uleios prins în recipientul de condensare, și un reziduu negru și aproape solid.
Runge adăugă fracțiunii uleioase, pe care o obținuse prin distilare, lapte de var. Încălzi amestecul de ulei de gudron și lapte de var pînă la limpezirea soluției și adăugă acid clorhidric. Se separau, astfel, picături de consistență uleioasă. Separînd aceste picături și încercînd reacția substanței obținute, el constată că este o substanță acidă. Nu-i cunoștea compoziția, dar îi dădu un nume: acid carbolic, adică acid obținut din cărbune. Dăduse, de fapt, peste fenol, derivat al benzenului (C_6H_5OH).
Separîndu-l, lăsîndu-l să cristalizeze, obținu cristale incolore, frumoase, care stînd la aer căpătau o culoare roșie. Runge căută cu înfrigurare mai departe. Încercă toți reactivii pe care-i avea la îndemînă, toate regimurile de încălzire.
Distilă, cu coloane, încercînd să separe cît mai multe substanțe din uleiul ușor pe care-l obținuse din gudronul de cărbune. El înțelegea că în acest ulei se ascunde o lume de combinații diferite.
Încălzind uleiul ușor cu acid sulfuric diluat, adăugînd apoi soluție de potasă, fierbînd și redistilînd, el obținu în retortă un lichid alb, cu aspect uleios. Îi dădu numele de leucol. Nu-i cunoștea compoziția, dar știa că este o specie chimică deosebită, obținută din același gudron de huilă, plin de surprize.
Luni de zile, Runge nu mai părăsea gudronul. Cu hainele îmbîcsite de mirosul penetrant al reziduului de gudron, Runge distila, încerca reacțiile soluțiilor, colecta gazele produse.
Într-una din zile, încercă folosirea unui reactiv puțin obișnuit: hipocloritul de calciu, pulberea folosită la albit. În eprubeta în care introdusese vîrful de cuțit de hipoclorit se produse imediat o colorație violetă, profundă, care se schimbă repede într-un roșu murdar. Runge avea în mînă un colo-

rant obținut din gudronul de huilă. Căută un nume frumos pentru această substanță a cărei compoziție nu era cunoscută. O numi cianol (de la cuvîntul *cianos* = albastru și *oleum* = ulei).
Adăugă acid în soluție. Culoarea dispărea. Evaporînd soluția, obținea de astă dată un lichid incolor, care la aer se colora în galben și apoi în brun. Răcit la temperaturi mai joase de minus 8°, acest lichid se prefăcea în cristale incolore, limpezi ca apa. Cum semănau aceste cristale cu cele obținute de Unverdorben! Numi substanța: cialină.
În anul 1834, Runge dibuia pe tărîmul necunoscut al gudronului de huilă. Rezultatele cercetărilor sale le publică în analele lui Poggendorff sub titlul: *Despre unele produse de distilare ale gudronului*. Comunica descoperirea a trei acizi și trei baze noi și descria reacțiile lor caracteristice. Nu dădea nici o formulă de compoziție. Friedlieb Ferdinand Runge nu era elevul lui Liebig, ci fusese cîndva coleg cu el. Analiza organică elementară nu intrase încă, pe atunci, în obișnuința chimiștilor.
În 1840, în Rusia, academicianul Iulii Fiodorovici Fritșe (1808—1871) prepară din indigo[1], ca și Unverdorben, o substanță cu însușiri bazice. El analizează substanța, îi stabilește formula pe baza proporției de carbon, hidrogen și azot găsit la analiza elementară. Erau 77,5% carbon, 7% hidrogen și 15,5% azot. Dacă împarți procentul de carbon, hidrogen și azot la greutatea atomică a fiecăruia (C = 12; H = 1; N = 14) obții:

$$\frac{77{,}55}{12} \text{ aproximativ } 6;\ \frac{7}{1} = 7;\ \frac{15{,}5}{14} \text{ aproximativ } 1.$$

Ținînd seama de eventualele greșeli inerente analizei elementare, formula se arată a fi $C_6H_7N_1$.
O bază obținută din indigo, avînd 6 atomi de carbon, 7 de hidrogen și 1 de azot.
Fritșe botează această bază cu azot, din indigo, cu numele de anilină. Cuvîntul vine de la arăbescul *anil* = albastru. Era numele sub care portughezii făcuseră, timp de veacuri, comerț cu indigoul indian. Fritșe visa, desigur, la indigoul sintetic.
Anilina era un punct de pornire; dar anilina trebuia obținută pe cale sintetică, pentru a se realiza baza unei industrii de coloranți sintetici. Aici intervine talentul, concepția clară și măiestria de experimentator a lui Nikolai Nikolaevici Zinin.

Deschizătorul căii spre anilina sintetică: N.N. Zinin (1812~1880)

S-a născut la 25 august, în anul în care poporul rus curăța pămîntul patriei sale de armatele cotropitoare ale lui Napoleon, în orășelul Șuș, astăzi centru raional în R.S.S. Azerbaidjană.

[1] Fritșe a obținut întîi acidul antranilic, iar din acesta anilina.

Nikolai Nikolaevici Zinin

Copil fiind, Zinin își pierde părinții. Se mută, ca adolescent, la Saratov, unde urmează cursurile gimnaziale pînă în anul 1830. După absolvirea gimnaziului, se înscrie la Universitatea din Kazan, ca student al facultății de matematici. Pe atunci rector al Universității din Kazan era N.I. Lobacevski, omul care avea să înscrie un punct crucial în istoria dezvoltării matematicii, prin fundamentarea geometriei sale neeuclidiene. Un spirit ca al lui Lobacevski nu putea să nu remarce pe un om ca Zinin, chiar din anii studenției. Observă uriașa capacitate de asimilare a lui Zinin, memoria lui excepțională, simțul de orientare în problemele teoretice, priceperea lui în rezolvarea problemelor practice.

După terminarea studiilor, Zinin este reținut la universitate, unde este numit curînd profesor de mecanică analitică, hidrostatică, hidraulică și astronomie.

Deși cu pregătire de matematician, Zinin studiază și chimia și devine, pînă la urmă, profesor de chimie. Spirit enciclopedic, plin de interes pentru cele mai diverse ramuri ale științei, Zinin ajunge unul din cei mai informați savanți ai vremii sale.

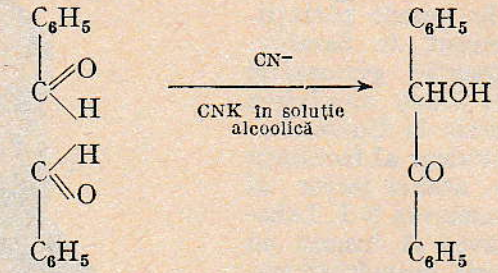
Orientarea sănătoasă spre concepția atomistă, concepție care a ghidat cercetarea chimică de-a lungul întregului secol al XIX-lea și căreia i se opuneau orientări energetice, se vădește din primele sale lucrări.

În 1839, Zinin pleacă în Germania. Audiază pe Mitscherlich la Berlin; apoi își continuă studiile de specializare în chimie în Franța, Anglia, Olanda și Belgia.

În celebrul laborator al lui Liebig, la Giessen, efectuează prima sa lucrare experimentală de mare anvergură, în domeniul derivaților aldehidei benzoice. Era unul din numeroasele subiecte indicate de Liebig, care împreună cu Wöhler inițiase încă din 1832 studiul compușilor extrași din esențe de migdale amare.

În 1841, Zinin își dă doctoratul în chimie și un an după aceea îl găsim profesor de chimie tehnologică la Kazan. Teza de doctorat a lui Zinin conține o serie de puncte de vedere originale; ea se ocupă, printre altele, de o nouă metodă de preparare a unui compus, care este alcool și cetonă în același timp: „benzoina". Obține benzoina prin tratarea aldehidei benzoice cu o soluție apoasă sau alcoolică de cianură de potasiu (CNK).

Reacția este, de fapt, o sinteză a două molecule de aldehidă benzoică și poartă numele de condensare benzoinică.



(2 molecule de aldehidă benzoică) (benzoină)

Sinteza duce la o moleculă cu funcție dublă de cetonă (—CO) și alcool (—OH), ceea ce, de fapt, puseseră în evidență Liebig și Wöhler. Numai aldehidele aromatice[1] suferă această condensare.

Metoda folosită de Zinin, folosind ca mediu de reacție soluția de cianură (KCN), pune însă în evidență rolul activ, catalitic, al ionului CN^-.

Mai tîrziu, Butlerov va pune în evidență o condensare asemănătoare pe care o suferă formaldehida sub influența hidroxidului sau a carbonatului de calciu.

În anul 1842, Zinin se întoarce în patria sa universitară, Kazan, unde este numit profesor de tehnologie chimică. În 1847 trece la Petersburg ca profesor de chimie, unde rămîne pînă în anul 1868. În 1858 i se acordă titlul de academician.

În 1842, în Buletinul Academiei de Științe din Petersburg apare o nouă comunicare a lui Zinin. Era un articol sobru cu titlul: *Descrierea unor noi baze obținute prin acțiunea H_2S (hidrogen sulfurat) asupra compușilor acidului azotos cu hidrocarburile.*

Articolul anunță, printre alți compuși obținuți prin reducerea nitrobenzenului, o bază, pe care Zinin o numește benzidam. Este o amină derivată din benzen. Reacția de obținere a benzidamului din nitrobenzen însemna posibilitatea înlocuirii oxigenului din nitrobenzen, prin hidrogen.

Trecînd peste compușii intermediari obținuți, reacția lui Zinin se poate formula astfel:

$$\underset{\text{(nitrobenzen)}}{C_6H_5NO_2} \xrightarrow[\text{cu sulfură de amoniu}]{\text{reducere în mediu alcalin}} \underset{\text{(anilină)}}{C_6H_5NH_2}$$

La rîndul său, nitrobenzenul se poate obține printr-o operație simplă de nitrare directă a hidrocarburii benzen, reacție descoperită în 1834 de chimistul german Mitscherlich.

$$\underset{\text{(benzen)}}{C_6H_6} + \underset{\text{(acid azotic)}}{HNO_3} \longrightarrow \underset{\text{(nitrobenzen)}}{C_6H_5NO_2} + \underset{\text{(apă)}}{H_2O}$$

[1] Aldehidele sînt combinații organice, în care există grupa $-C\begin{matrix}H\\=O\end{matrix}$, spre deosebire de cetone, în molecula cărora găsim gruparea —C=O; aldehidele aromatice sînt derivați ai hidrocarburilor cu nuclee aromatice (benzenice).

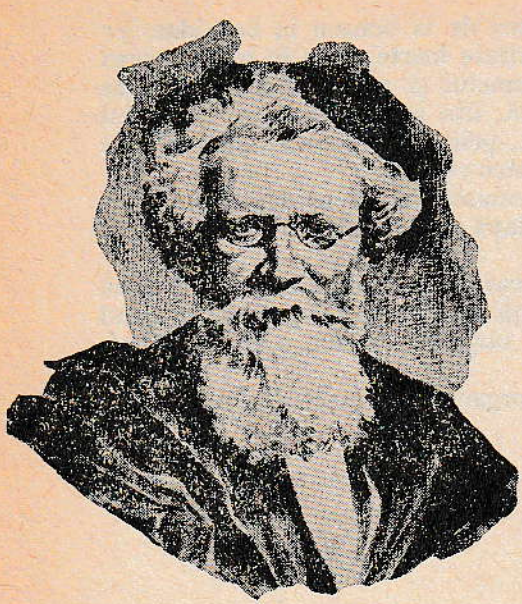
Dar aceasta însemna pur și simplu trecerea de la benzen la benzidam pe cale sintetică. Benzenul se găsește în cantitate foarte mare în hidrocarburi naturale, în produșii de distilare ai cărbunelui și petrolului; el se poate obține, la rîndul său, prin sinteză directă, din acetilenă, care, la rîndul ei, se obține din carbura de calciu și apă, prin acel procedeu simplu care stă la baza generatorului de acetilenă pentru sudură.
Procedeul lui Zinin era de o simplitate remarcabilă. Benzidamul se putea obține, practic, în orice cantități, în instalații simple, plecînd de la materii prime ieftine și abundente.
Reacția de transformare a unui nitroderivat într-o amină aromatică avea un caracter general. Zinin pune în evidență acest caracter general, tratînd și nitronaftalina cu sulfură de amoniu, și obținînd, astfel, o amină a naftalinei pe care o numește naftalidă.
Se deschide astfel un făgaș nou în chimia organică: se deschidea calea către sinteze de importanță practică.

August Hofmann (1818–1892)

În anii în care Zinin izbutise sinteza benzidamului, la Giessen, ca asistent și secretar al lui Liebig, lucra chimistul August Wilhelm Hofmann.
Hofmann studiase întîi filozofia cu Hegel. Abia la vîrsta de 30 de ani fu atras către chimie de prelegerile lui Liebig. După prima prelegere cu demonstrații experimentale, audiată în amfiteatrul lui Justus Liebig, Hofmann nu s-a mai despărțit de chimie, toată viața.
Hofmann deveni curînd un pasionat al analizei. Una din primele sale lucrări fu analiza bazelor descoperite de Runge în gudronul de cărbune. Aparatul utilizat era soba de combustie pentru analiza elementară. Rezultatul analizei lui Hofmann fu: $C_6H_7N_1$. Acest rezultat îi mai căzuse o dată sub priviri. Își aducea aminte de o formulă identică. Căută prin fișierul laboratorului, pus într-o ordine impecabilă, care-l caracteriza pe șeful chimiștilor de la Giessen. Dădu repede peste fișa cu aceeași formulă. Era anilina lui I.F. Fritșe.
Cianolul lui Runge, anilina lui Fritșe...
Hofmann nu mai avu mult de căutat. Comunicarea lui Zinin era la îndemînă. Liebig urmărea cu cea mai mare atenție pe toți foștii săi audienți. Zinin îi atrăsese atenția încă de pe vremea specializării la Giessen. Traducerea buletinului Academiei din Petersburg era pe masa lui Liebig, indicată ca un document de mare importanță.
Hofmann avea în față 4 denumiri care corespundeau aceleiași substanțe: cristalinul lui Unverdorben, cianolul lui Runge, anilina lui Fritșe, benzidamul lui Zinin răspundeau aceleiași formule elementare:

$$C_6H_7N_1$$

Visul lui Fritșe devenea visul lui Hofmann. Trebuia stabilit drumul către indigoul sintetic. Dacă această bază a fost obținută prin distilarea uscată a indigoului, dacă ea se poate obține cu ușurință pe cale sintetică, rămînea să se mai facă un pas. Sau o mie de pași...



August Hofmann

<

Pentru a stabili, fără echivoc, identitatea dintre cele patru substanțe, Hofmann compară proprietățile lor. Se putea foarte bine să fie niște izomeri. De aceea determină toate caracteristicile lor fizice: punctul de congelare, de fierbere, solubilitatea, indicele de refracție, densitatea. Apoi atacă lichidele preparate după cele patru metode indicate de descoperitori cu toți reactivii existenți în laborator. Le tratează cu acid cromic, cu săruri feroase și ferice, cu sulfat de aluminiu, de zinc și de cupru, cu clorură mercuroasă și mercurică, stanoasă, de platină, de aur, de paladiu, de zinc și antimoniu. Atacă toate cele patru lichide cu baze și acizi, cu ferocianură de potasiu, de fier, cu acid cianhidric.

În cîte o eprubetă Hofmann introducea cîteva picături din mostra cercetată. Patru eprubete pentru cele patru mostre. Și încerca reacțiile cu reactivii obișnuiți și neobișnuiți. Însemna rezultatele. După mii de încercări paralele, el ajunge la concluzia că substanța descoperită de Unverdorben și Fritșe în indigoul natural, extrasă de Runge din gudronul de cărbune, era aceeași cu substanța obținută, pe cale sintetică, de rusul Zinin.

Hofmann, elegantul asistent al profesorului Liebig, căsătorit cu nepoata profesorului, devine curînd profesor de chimie la Colegiul regal de chimie din Londra. Era invitat în Anglia de regina Marii Britanii. Simțeau oare, de departe, guvernanții englezi concurența amenințătoare a chimiei germane? Spiritul sistematic cu care profesorii germani atacau subiectele putea duce la rezultate interesante pentru industria engleză.

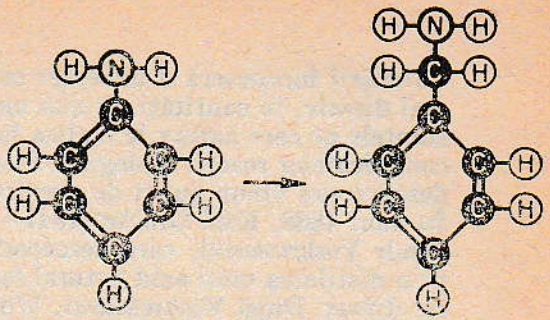
Sintezele lui Zinin erau un punct de plecare extraordinar. La Londra, Hofmann nu pierdu din vedere ideea posibilităților închise în molecula de anilină. El ajunse, după mii de analize ale anilinei, după încercarea tuturor reactivilor, la concluzia asemănării de constituție dintre amoniac și anilină. Amoniac: NH_3; anilină: $C_6H_5NH_2$. Este ca și cum un atom de hidrogen ar fi fost înlocuit prin grupul — C_6H_5. Asta se potrivea cu teoria tipurilor[1] create de francezii Gerhardt și Laurent. Anilina era o substanță de tipul amoniacului. De aici ideea altor reacții și încercări, ca acelea la care, de obicei, răspundea amoniacul.

Elevii englezi ai lui Hofmann experimentau pe anilină, pe bazele și sărurile de amoniu, pe alcaloizi. Căutau, printre altele, un mijloc de a prepara chinină.

[1] Conform teoriei tipurilor, substanțele organice se considerau că derivă — din punct de vedere al structurii moleculelor — din cîteva tipuri fundamentale: tipul apă $\left(\begin{matrix}HO\\H\end{matrix}\right)$, tipul hidrogen $\left(\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right)$, tipul acid clorhidric $\left(\begin{matrix}H\\Cl\end{matrix}\right)$, tipul amoniac $\left(\begin{matrix}H\\HN\\H\end{matrix}\right)$

Dar toate aceste reacții și încercări se învîrteau în jurul anilinei.

Într-una din zile, un student al lui Hofmann, în vîrstă de 18 ani, fu atras de culoarea profundă a unui precipitat obținut în cursul încercărilor sale. El filtră acest precipitat. Îl dizolvă în alcool. Căpătă un lichid de o splendidă culoare mov.



Anilină *Toluidină*

Numele acestui elev era William Henry Perkin (1838—1907). Tatăl lui lucra la prelucrarea grăsimilor alterate, într-un atelier „chimic". Perkin junior refăcu acasă experiențele sale. Încercă să vopsească stofă cu soluția colorantului său. Stofa se colora, iar vopseaua — după uscare — nu ieșea nici la spălare, nici la clătire cu oțet sau alți acizi. Era un colorant sintetic. Aceasta se întîmpla în anul 1856. Perkin înscrise invenția sa la oficiul de brevete și întemeie, împreună cu tatăl său, o fabrică de moveină.

În același timp, încercară și alții. În Franța, E. Verguin, chimist din Lyon (centru al industriei textile din Franța), prepară roșul de anilină. El își vîndu brevetul unor capitaliști care au botezat noul colorant cu numele de fucsină.

Încercă și Hofmann. Mai sistematic decît ceilalți. El amestecă anilina cu toluidină, care era, de fapt, aceeași bază, cu un grup CH_2 în plus.

Cu aceste baze, el făcu încercări de combinare cu clorura de carbon, și obținu astfel o culoare sintetică ieftină: rozanilina.

Era prin anul 1860.

În 1862 s-a deschis expoziția industrială de la Londra. La această expoziție, Hofmann, înainte de a se întoarce în Germania, va vorbi despre tainele anilinei, despre perspectivele coloranților sintetici. El va anunța era indigoului sintetic.

În anii aceia, la Paris, doamnele elegante purtau rochii de mătase vopsite cu fucsină. La Londra se purtau stofe vopsite cu moveină.

Dar toate acestea sînt doar un timid început...

Fabricile de coloranți se ivesc pretutindeni ca ciupercile după ploaie. Capitaliștii germani pornesc la exploatarea gudronului de huilă, în care Runge descoperise anilina.

Pentru chimiști se nasc probleme noi. Grame de colorant obținute în eprubete și retorte nu pot reprezenta o producție. Se cer tone de produse. Aceasta înseamnă utilaje care nu mai seamănă cu ustensilele de laborator. Cazane, conducte, reactoare rezistente la presiune, la temperaturi înalte, la acțiunea corosivă a acizilor și bazelor. O profesie nouă se naște: chimistul proiectant, inginerul chimist. Ideea științifică devine repede idee industrială. Uzina chimică devine, la rîndul ei, un uriaș laborator, în care lucrează sute de cercetători și tehnicieni.

Reactoarele din aceste uzine nu mai semănau cu vechile retorte de laborator. Erau retorte uriașe, în care se continuau, de fapt, experiențele de laborator, la scară industrială.

Chimiștii începuseră o întrecere cu natura. Ei încercau să producă, pe căi mai directe, în cantități cît mai mari, cu mijloace cît mai economice, substanțele pe care natura le realiza în frunzele și rădăcinile plantelor, pe calea complicatelor reacții biologice. Ei reluau toate lucrările mai vechi, în care descopereau vreun punct de pornire pentru sinteza unor coloranți.

În anul 1868, Karl Graebe (1841—1927) reia lucrările chimistului rus Alexandr Voskresenski, care descoperise în 1838 o substanță nouă, chinona, prin distilarea unui acid natural (acidul de China) cu mangan și acid sulfuric diluat. După Voskresenski, Wöhler cercetase cu atenție acest produs și derivații săi: hidrochinona, oxihidrochinona.

Graebe demonstrează, pe cale experimentală, că chinona lui Voskresenski este un derivat al benzenului, de care se deosebește prin aceea că 2 atomi de hidrogen ai benzenului sînt înlocuiți prin 2 atomi de oxigen.

În 1869, același Graebe, împreună cu Karl Lieberman (1842—1914) studiază experimental antrachinona, pe care o preparase în 1837 Laurent, prin oxidarea unei hidrocarburi: antracenul.

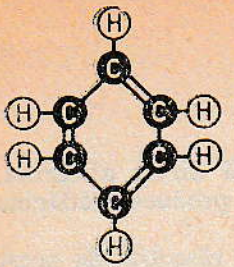
Graebe și Lieberman nu se ocupau întîmplător cu chinona lui Voskresenski și antrachinona lui Laurent. Ei aveau motive temeinice să creadă în legătura dintre aceste substanțe și alizarina naturală din rădăcina de roibă.

Adolf Baeyer (1835~1917)

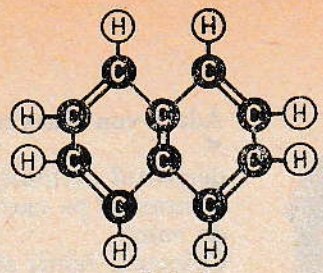
Baeyer[1] descoperise în 1866 o metodă de reducere blîndă a substanțelor organice, cu ajutorul pulberii de zinc. Graebe și Lieberman au aplicat această metodă la reducerea alizarinei și au putut astfel demonstra că alizarina nu este, cum se credea pînă atunci, un derivat al naftalinei, ci al antracenului și că are 2 atomi de oxigen în moleculă, la fel ca și chinona lui Voskresenski. Că, în sfîrșit, alizarina mai are alți 2 atomi de oxigen legați fiecare de cîte 1 atom de oxigen (—OH), la fel ca în alcool. Pe scurt, ei au demonstrat că splendidul roșu vegetal este o antrachinonă cu două grupe oxi: *dioxiantrachinona*.

Graebe și Lieberman cunoșteau suficient de bine alizarina pentru a îndrăzni să pornească la sinteza ei. În 1869, ei oxidează antracenul și obțin antrachinona descoperită de Laurent. Combină antrachinona cu acid sulfuric, obținînd derivatul sulfonic al antrachinonei. Topit cu hidroxid de potasiu,

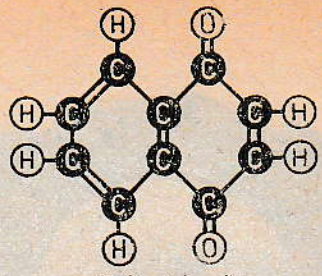
[1] Celebru chimist german, care a izbutit — pe baza experiențelor sale — să determine pentru întîia oară (1866) locul ocupat de substituenți în molecula benzenului substituit cu trei radicali metilici (mezitilen: trimetil benzen simetric), a descoperit metoda reducerii cu pulbere de zinc, obținînd (1868), cu ajutorul acestei metode, din izatină, indol, substanță de pornire pentru sinteza indigoului; a obținut indigoul sintetic (1870—1878), a deschis calea sintezei coloranților: eozină, rodamină și, în general, a ftaleinelor (1871—1876), a descoperit reacția de condensare a hidrocarburilor aromatice cu aldehidele (1872), a sintetizat chinolina (1879), a demonstrat formula de constituție a albastrului de indigo (1883), a elaborat teoria — și astăzi utilizabilă — a tensiunii ciclurilor de carbon și a demonstrat (1894) — pe cale experimentală — constituția unei terpene.
În 1905 a fost distins cu Premiul Nobel pentru chimie.



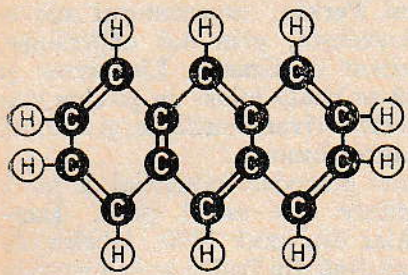
Benzen



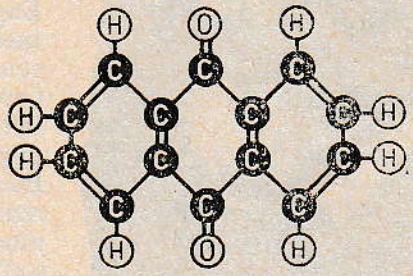
Naftalină



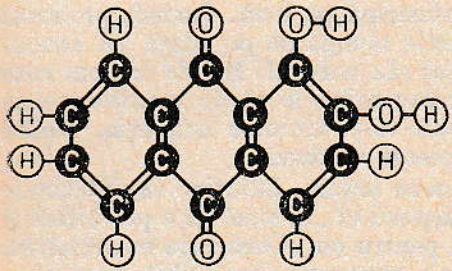
Naftachinonă



Antracen



Antrachinonă

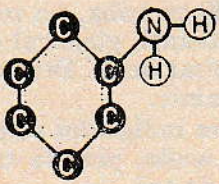


Alizarină

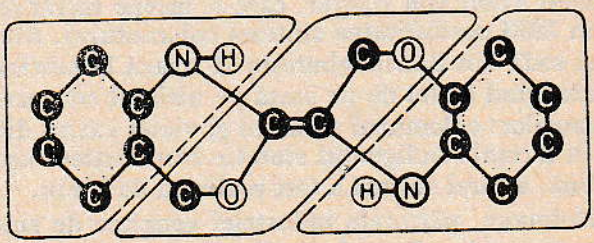
C Atom de carbon

O Atom de oxigen

H Atom de hidrogen



Anilină



Indigo

Adolf von Baeyer

derivatul sulfonic dă direct alizarina, colorantul pe care-l producea rădăcina de roibă.

Chimiștii lumii sînt răscoliți de acest eveniment excepțional: primul colorant natural apărea în retorte de laborator. Englezul Perkin, inventatorul moveinei, dovedește, prin noi experiențe, concomitent cu Graebe, Lieberman și Caro, că se poate folosi un produs mai ieftin decît derivatul sulfonic, și anume: dibromantrachinona.

Baza unui procedeu industrial de mare rentabilitate este astfel pusă. Începînd chiar din anul 1870, fabrica de sodă și anilină din Baden aplică metoda începînd să producă — în cilindri de oțel orizontali la 180 — 185°C — tone de alizarină pe lună. Curînd, produsul sintetic alungă de pe piață pe concurentul său natural. Mii de oameni care cultivau roibă în țările mediteraneene trebuie să-și schimbe ocupația. Roiba își pierde valoarea.

Chimiștii au o primă victorie în întrecerea cu natura. Izbutind să sintetizeze alizarina, ei dau dovada practică a cunoașterii ei „în sine" și a posibilității transformării lucrului „în sine" în lucru pentru om. Concepția materialistă capătă, prin acest act experimental, un argument irezistibil împotriva agnosticismului. Engels a subliniat forța acestui argument.

Ceea ce s-a întîmplat în 1869 cu roiba, s-a repetat peste 10 ani cu altă bază de materii prime pentru coloranți, gîndacul coșenila *(Coccus cacti)*. Carminul de coșenila a fost sintetizat de H. Braun în 1879. Și el este un derivat al antracenului: acidul carminic.

Hofmann vestise, în 1862, era indigoului sintetic; dar pînă la sinteza de laborator a indigoului și, de acolo, pînă la transformarea ei într-un proces industrial au mai trecut 35 de ani.

Aproape un sfert de veac de cercetări i-a consacrat indigoului chimistul german Adolf von Baeyer, care-și începe lucrările în 1866 pentru a demonstra în 1883 posibilitatea sintezei colorantului. Abia în 1897, fabrica de anilină și sodă din Baden izbutește să treacă la fabricarea industrială a indigoului, alungînd astfel de pe piață pe ultimul concurent natural al industriei coloranților: colorantul albastru și violet extras din arbuștii de indigo.

În formula indigoului sintetic recunoaștem ușor resturile moleculei de anilină, a cărei sinteză a fost realizată de Zinin.

Hofmann, părintele industriei germane de sinteză chimică, n-a uitat, nici aproape de sfîrșitul vieții lui, însemnătatea lucrărilor lui Zinin pentru crearea industriei chimice organice germane. La 1880, cînd industria ger-

mană și engleză de coloranți culegea din plin roadele reacției lui Zinin, Hofmann spunea în fața membrilor Societății germane de chimie:
„Trebuie să comunic astăzi adunării moartea unuia dintre cei mai bătrîni și iluștri chimiști, o personalitate care a exercitat o influență însemnată și de lungă durată asupra dezvoltării chimiei organice. Îmi voi permite să amintesc o singură descoperire a lui Zinin, care a făcut epocă — transformarea nitroderivaților în anilină... Nimănui nu i-a trecut prin gînd că noua metodă de transformare a anilinelor va deveni cu timpul baza unei puternice ramuri a industriei...
Dacă Zinin nu ar fi făcut nimic în afară de transformarea nitrobenzenului în anilină, numele lui ar fi rămas totuși înscris cu litere de aur în istoria chimiei"[1].

[1] Citat după V. Danilevski, *Inventat în Rusia*, Editura Cartea Rusă, București, 1951, p. 219.

XIX. Disociația moleculară

„Oricît ai recomanda această scrisoare tinerilor fizicieni, tot n-ar fi prea mult. Ea îi va iniția în arta dificilă a experiențelor; ea îi va învăța să nu se încreadă în primele observații, să schimbe mereu forma aparatelor; iar dacă imaginația nerăbdătoare i-ar face să părăsească drumul încet, dar sigur, al observației pentru visări seducătoare, poate vor fi opriți pe acest teren lunecător, văzînd cum un om de geniu ia în seamă orice amănunt".

FRANÇOIS ARAGO *despre scrisoarea lui* VOLTA *către* LICHTENBERG[1] *din 1786.*

În anul 1839, Henri Saint-Claire Deville, tînăr chimist, în vîrstă de 21 de ani, studia în laboratorul său din strada La Harpe, din Paris, proprietățile esenței de terebentină.

Pe vremea aceea, Davy și Faraday în Anglia, Iakobi și Zinin în Rusia, Gay-Lussac în Franța, Wöhler, Liebig și Bunsen în Germania deschideau, în modestele lor laboratoare, căi noi pentru industrie.

Mica oțelărie cu 100 de lucrători pe care o înființase, în 1811, Peter Friedrich Krupp, avea să ia mari proporții în anul 1841. Pentru supravegherea științifică a arderii, Bunsen creează metoda de analiză a gazelor. Flăcările uzinelor din Essen devin tot mai mici, arderea combustibilului mai economică, prețul oțelului mai mic.

Metalurgia cerea oțeluri speciale, oțeluri aliate; se punea problema unor adaosuri care împrumutau oțelului însușiri superioare. Numai laboratorul putea da răspuns acestor probleme; numai experiența în mic putea deschide calea unor noi procedee tehnologice.

Inventarea procedeelor de fabricare mecanică a hîrtiei, a telegrafului electric de către Șilling la Petersburg, a motorului cu combustie internă sînt și ele contemporane cu începuturile activității lui Henri Saint-Claire Deville.

În același an (1839) în care Saint-Claire Deville își prezenta memoriul de tinerețe, Arago prezintă Academiei de Științe din Paris procedeul inventat de Louis Daguerre în 1838 (pe baza unor lucrări anterioare, în colaborare cu J.N. Niepce) — daguerrotipia — străbunica fotografiei.

Legătura cu industria oferea un teren larg cercetărilor experimentale ale chimiștilor.

Davy indicase o cale de cercetări: obținerea aluminiului din argilă. Lutul putea deveni materie primă pentru un metal cu însușiri superioare fierului. Era de ajuns pentru a entuziasma sute de cercetători.

[1] Fizicianul Georg Christian Lichtenberg, descoperitor (1777) al figurilor formate de pulberi pe izolatorii electrici (figurile Lichtenberg) și cel care a introdus (în 1778) denumirile de electricitate pozitivă și negativă și semnul plus și minus pentru cele două manifestări ale electricității statice.

La ușa laboratoarelor băteau fabricanții de sodă, de săpun, de clor pentru albit. De la experiențe se așteptau minuni. Curînd medicina va da pe heraldul metodei experimentale în biologie: Claude Bernard; pînă și romanul, prin Emile Zola, se va proclama „roman experimental".

Henri Saint-Claire Deville (1818–1881)

S-a născut în insula Martinica. A studiat în Franța, obținînd în anul 1841 titlul de doctor în medicină și doctor în științe. În anul 1845, chimistul Thénard îl invită să preia postul nou creat de profesor de chimie la facultatea de chimie din Besançon.

Îndată după numirea sa, Saint-Claire Deville primește o cerere din partea consiliului municipal: să studieze compoziția apelor rîului Doubs. Și Lavoisier își începuse studiile cu probleme practice. Era atunci vorba despre fabricarea ipsosului și apoi despre iluminatul Parisului. Așa cum Lavoisier ajunsese să stabilească, în vremea lui, pornind de la cercetările asupra luminatului, compoziția aerului, Saint-Claire Deville creează o nouă metodă generală de analiză pentru a da răspuns problemei pe care i-o punea cercetarea apelor rîului Doubs.

În laboratorul de chimie de la Besançon, Saint-Claire Deville aplică metoda sa (separarea elementelor, folosind solvenți ușor volatili) la cele mai diverse probleme analitice. Erau cunoscute diferite stări ale sulfului și, printre ele, sulful moale, obținut prin răcirea bruscă a sulfului topit la temperaturi înalte sau prin descompunerea clorurii și a altor combinații ale sulfului. Tratînd sulful moale cu sulfură de carbon, el separă astfel partea solubilă în sulfură de carbon, de partea insolubilă, obținînd pentru prima dată modificația insolubilă a sulfului.

În anul 1849, Saint-Claire Deville era un experimentator format. El își îngăduia să atace una din problemele dificile ale chimiei de atunci. Chimiștii din școala lui Gerhardt susțineau cu tărie că acizii monobazici[1] nu pot da anhidride, deoarece în moleculele lor nu preexistă cei 2 atomi de hidrogen ai apei. Saint-Claire Deville consideră drept falsă această aserțiune, și socotește că ea reprezintă încercarea de a supune fenomenele naturale unor deducții teoretice neîntemeiate, în loc de a le cerceta.

El pornește cu acidul monobazic, considerat drept cel mai nedeshidratabil: acidul azotic. A scoate apa din acidul azotic, pentru a obține anhidrida („acid fără apă"; oxidul care combinat cu apa dă acid) părea o încercare fără sorți de izbîndă, deoarece acidul azotic se descompune ușor, eliberînd oxigen.

Pentru rezolvarea problemei, Saint-Claire Deville folosește un puternic agent de deshidratare, clorul, și sarea de argint a acidului azotic. El trece un curent de clor gazos uscat asupra azotatului de argint, iar vaporii bruni formați îi prinde într-un tub răcit la —20°C. În aceste condiții, el obține

[1] Acizii cu un singur atom de hidrogen în moleculă (ca acidul azotos — HNO_2; acidul azotic: HNO_3) se numesc monobazici pentru că fiecare moleculă neutralizează o singură moleculă de hidroxid (bază).

(pe lîngă oxigenul gazos care se degajă) cristale strălucitoare, transparente, de forma unor coloane rombice.
Saint-Claire Deville poate astfel prezenta, pentru prima oară, studenților săi și chimiștilor care-i vizitau laboratorul, pentoxidul de azot, anhidrida acidului azotic. Cu apa, pentoxidul dădea acid azotic. Dovada inexactității deducțiilor școlii lui Gerhardt era deplină. Această experiență îi aduce celebritatea. În anul 1851 este numit profesor la École Normale, (Școala Normală).
Saint-Claire Deville nu va mai părăsi pînă la moarte laboratorul de la École Normale. Era un parter înconjurat din toate părțile de clădiri. Ferestrele mici, mai întotdeauna murdare, ale laboratorului abia lăsau să se strecoare în încăperi lumina de zi. Zi și noapte ardeau în laborator lămpile cu gaz. În acest laborator se vor aduna chimiști din lumea întreagă ca să asiste la operația de topire a unor cantități masive de platină. Aici va sosi Wöhler ca să vadă cum se prepară aluminiul pe cale uscată. Aici se va prepara aliajul de platină-iridiu, din care se vor confecționa barele prototipurilor de metru.
În anii în care Deville lucra în parterul de la École Normale, Claude Bernard efectua celebrele sale studii de medicină experimentală în subsolurile umede de la College de France. Pasteur ataca probleme fundamentale de chimie și biologie.
Toți aceștia erau oameni pentru care experiența științifică însemna viața.

Visul aluminiului

La École Normale s-au înfiripat primele visuri ale lui Saint-Claire Deville în legătură cu aluminiul. Studiind cu atenție proprietățile celor mai răspîndite — dar insuficient cunoscute — elemente din natură (siliciul, magneziul, aluminiul), Deville se oprește mai ales asupra acestuia din urmă. Aluminiul avea, pe atunci, un început de istorie. Îl descoperise Wöhler în anul 1827, înainte de a fi devenit celebrul chimist european. Wöhler pornise de la clorura de aluminiu, preparată în același an de fizico-chimistul danez, Hans Christian Oersted, ale cărui experiențe în legătură cu efectul curentului electric asupra acului magnetic aveau să devină un punct de plecare al electromagnetismului. Oersted pornise de la argilă, pulbere de cărbune (reducător) și sirop de zahăr (pentru omogenizarea pastei). Sfere plămădite din aceste materiale erau introduse în tuburi de porțelan și încălzite la roșu-cireșiu, sub un curent de clor. Clorura de aluminiu cristaliza, astfel, pe părțile reci ale tubului de porțelan, în folii cristaline.
În descrierea proprietăților aluminiului, Wöhler susținea că este unul din metalele cele mai alterabile.
Saint-Claire Deville prepară și el aluminiu pentru a-i studia proprietățile. Constatările sale se deosebesc net de cele ale lui Wöhler. El demonstrează că aluminiul este — dimpotrivă — unul din cele mai puțin oxidabile metale. Contradicția dintre concluziile lui Wöhler și Saint-Claire Deville este doar aparentă. Aluminiul pur expus la acțiunea aerului se oxidează într-adevăr. Dacă freci o lamă de aluminiu, bine curățată, cu mercur și o lași la aer sau în

apă, lama se acoperă, văzînd cu ochii, cu o „pădure" de cristale de oxid de aluminiu, alb. Ele cresc ca ramurile unor copăcei de zăpadă, iar pînă la urmă tot aluminiul se preface în pulbere de oxid. Metalul, în condiții obișnuite, se acoperă însă cu o peliculă de oxid de aluminiu, care separîndu-l de contactul cu atmosfera îl face foarte rezistent la oxidare. Ca și în multe alte cazuri, se realizează astfel pasivizarea metalului.
Saint-Claire Deville demonstra rezistența aluminiului la oxidare, în condițiile obișnuite.
De aici începe visul aluminiului. Acest metal ușor, rezistent, inoxidabil, răspîndit în natură, nu era, oare, destinat să devină metalul viitorului? Chimistul Saint-Claire Deville trăia într-o epocă în care metalurgia devenea baza industriei. Lui nu-i putea scăpa această posibilitate.
Trebuia, dar, găsită o metodă industrială de preparare a aluminiului. Și Saint-Claire Deville pornește pe calea aceasta, pe care n-o va mai părăsi. Obținerea economică a aluminiului din combinațiile sale naturale devine o preocupare centrală a profesorului de la École Normale. Este sprijinit într-o anumită măsură de guvernul celui de-al II-lea imperiu — al lui Napoleon al III-lea — care speră să obțină astfel arme de aluminiu, platoșe, țevi de pușcă și de tun, din metal de trei ori mai ușor decît fierul.
După ani de experiențe în care încearcă toate procedeele cunoscute de reducere, Saint-Claire Deville izbutește, în 1854, să obțină — pentru prima oară în cantități apreciabile (cîteva zeci de kilograme) — aluminiu metalic, prin reducerea criolitului importat din Groenlanda, cu sodiu. Ca să ajungă aici, ca să vadă curgînd șuvoiul argintiu de aluminiu topit din cuptoarele laboratorului, a perfecționat metodele de preparare a sodiului, a construit cuptoare speciale în care să fie evitat contactul topiturii cu oxigenul. A experimentat cu diferite cloruri de aluminiu. A cercetat cu deosebită atenție bauxita. Criolitul este un minereu care conține siliciu, fluor și aluminiu. Ca rezultat al reacției cu sodiul, se elibera aluminiu ca produs principal, iar alături de el siliciu cristalizat. Amîndouă aceste elemente îl interesau în mod deosebit pe Wöhler. Saint-Claire Deville îl cheamă pe savantul german să vadă aluminiul obținut în laborator. Experimentează amîndoi, urmărind condițiile de oxidare ale aluminiului și siliciului. Topesc de o sută de ori siliciul și aluminiul. Wöhler își corijează părerile despre aluminiu. Da! Este, într-adevăr, foarte puțin oxidabil. Pelicula subțire de oxid ce se formează la suprafața lui îl apără de oxidare în profunzime.
Dar aluminiul este moale. La ce ar putea folosi? Sau... Nu s-ar putea obține un aliaj de aluminiu care să îmbine duritatea oțelului cu greutatea specifică mică a aluminiului?
Întrebarea se năștea acolo, în fața tablelor de aluminiu strălucitor ieșite din laminorul Școlii Normale. Răspunsul la această întrebare nu se putea încă da. Dar cercetînd comportarea diferitelor elemente la temperatura de topire a aluminiului, în încercarea de a realiza aliaje dure de aluminiu, Saint-Claire Deville, împreună cu Wöhler, obține bor cristalizat din borul amorf dizolvat în aluminiu topit, prin solidificarea topiturii. Cercetînd cristalografic cele două forme, cei doi cercetători descoperă forma diamantoidă și grafitoidă a borului cristalizat.
Aluminiu pur, siliciu pur, bor cristalizat.
Posibilitatea de a produce în cantități industriale aluminiul atrage în jurul lui Saint-Claire Deville tot felul de oameni întreprinzători. Pe unii

îi mîna dorința de a participa la crearea acestei noi ramuri a metalurgiei, pe mai toți visul înavuțirii rapide.
Îmbogățiți-vă... îmbogățiți-vă! Acesta era cuvîntul de ordine al burgheziei. Era morala epocii.
Ademeniți de mirajul unei industrii înfloritoare, Deville și asociații săi au constituit o societate pentru exploatarea aluminiului. Meissonier — unul din asociați — avea să se ocupe de exploatarea bauxitei; Le Chattelier, de redactarea brevetelor și descoperirea debușeelor comerciale; Piarron Mondésir, de punerea la punct a procedeelor de fabricație; Jacquemart, de partea financiară a afacerii, Merle, de fabricarea metalului și Paul Morrin de fabricarea obiectelor de aluminiu. De șase ori au fost pierdute capitalurile puse în comun, în afacere. Douăzeci de ani a durat acest vis al creării unei industrii a aluminiului. Și tocmai în momentul în care părea că lucrurile iau o întorsătură favorabilă, cînd industria aluminiului, după procedeul Deville (pe cale uscată), lua avînt, apărură metodele electrochimice de preparare a aluminiului, care au nimicit speranțele asociației.
Evident, acest insucces nu schimbă cu nimic valoarea cercetărilor lui Deville asupra proprietăților și metodelor de obținere a aluminiului.
În anul 1862, firma Johansohn Matthey et Co. prezintă la expoziția londoneză din acest an un bloc masiv de platină de 2,5 chintale, valorînd 15 000 franci aur. Acest bloc a fost obținut prin topirea platinei după procedeul descoperit de Deville și colaboratorul său Henry Debray.
Astăzi obținerea unei temperaturi apropiate de 2 000°C, la care platina este lichidă, nu pune probleme greu de rezolvat. Dar în timpul lui Deville nu exista nici mijlocul măsurării precise și directe a unor astfel de temperaturi.
Punerea la punct a unui mijloc de topire a platinei reprezenta și o problemă economică imediată, și una de interes științific. Iată argumentele economice exprimate de H. Debray, în lecția despre obținerea temperaturilor înalte și despre topirea platinei, ținută la societatea chimică din Paris la 1 martie 1861:
„Această metodă (metoda lui William Hyde Wollaston — *N.A.*) este, din nefericire, foarte complicată...; ca urmare, platina vaselor scoase din uz dintr-o cauză oarecare nu valorează mai mult decît minereul din care a fost extrasă. De aici, deprecierea enormă pe care o suferă metalul; un asemenea vas (în care se concentrează în fiecare zi 1 000 de kg de acid sulfuric), este vîndut la cel mult 50 sau 60 000 de franci cînd este scos din uz ... Se înțeleg, deci, motivele care ne-au determinat, pe domnul H. Saint-Claire și pe mine să căutăm metodele de topire a platinei și mijloacele de tratare a minereurilor, pe cale uscată..."[1].
Pentru obținerea unei temperaturi înalte, Deville și Debray perfecționează suflătorul cu gaz detonant și realizează procedeul încălzirii cu flacără de gaz de iluminat și oxigen. Generalizarea procedeului de încălzire cu flacără oxihidrică li se datorează acestor doi cercetători. În mîna lor, acest instrument, alături de cuptoarele special construite pentru menținerea optimă a căldurii, au dus la obținerea metodei de „a topi și a face să curgă cantități — ca să zicem așa — nelimitate de platină".

[1] *Fusion du platine et dissociation*, Mémoires de Saint-Claire Deville, Debray, Troost, Hautefeuille, Isambert etc., Paris, 1914, pp. 20—21.

O caracteristică a mișcării chimice

Din punct de vedere științific, obținerea temperaturilor înalte deschidea calea cercetării reacțiilor chimice la aceste temperaturi. Ea a dus la cea mai importantă descoperire a lui Deville și a colaboratorilor lui: *disociația moleculară*.

Toate experiențele făcute pentru elaborarea și perfecționarea metodei de topire a platinei erau conduse de considerații teoretice asupra căldurii specifice a metalului, căldurii de combustie a gazelor în oxigen și asupra căldurii de topire a platinei. Pentru a determina, pe cale de calcul, temperatura necesară, Deville și Debray au determinat pe cale experimentală cantitatea de căldură necesară pentru topirea unui kilogram de platină. Pentru aceasta, ei au turnat în apă cantități mari de platină topită, în momentul solidificării ei, și au măsurat creșterea temperaturii apei. Folosind datele cunoscute pe vremea lor, cu privire la călduri specifice, călduri de topire etc., ei au calculat cît se putea de riguros temperatura de topire a platinei. Apărea o mare diferență între temperatura de topire a platinei și temperatura calculată a flăcării oxihidrice. Temperatura de topire a platinei era inferioară aceleia de 2 000°; cea calculată pentru combustia oxigenului cu hidrogenul în flacăra oxihidrică — de 6 800°C.

Neconcordanța era prea mare; problema își cerea rezolvarea, explicația. Experiențele de topire a platinei au ridicat această problemă, care trebuia să ascundă fenomene necunoscute. Ideea urmăririi acestor fenomene devine obsedantă pentru Deville. El începe printr-o experiență care-i mai dăduse rezultate interesante. O modifică în vederea stabilirii temperaturii reale a flăcării oxihidrice. Toarnă mase de platină și iridiu — topite în recipienți cu conductibilitate termică foarte mică (pentru a evita pierderi de căldură) — în apă rece și măsoară creșterea temperaturii apei. Face, deci, o măsurare calorimetrică a temperaturii maxime la care ajung platina și iridiul sub influența flăcării oxihidrice. Ține seama de căldurile latente de solidificare, de căldurile specifice ale metalelor și ajunge la o valoare a temperaturii reale a flăcării oxihidrice de maximum 2 500°C. Experiențele demonstrau că temperatura reală este mult mai mică decît cea calculată pentru cazul că hidrogenul și oxigenul din flacăra oxihidrică s-ar combina, moleculă cu moleculă, în întregime. De aici Deville trage prima concluzie esențială: există o limită a reacției. Și deci o limită a temperaturii ce se poate obține, o limită mai joasă decît cea teoretică. Aceasta înseamnă că reacția nu merge numai în sensul combinării elementelor, ci și în sensul opus, al desfacerii combinației în elementele componente. Se formează apă din arderea hidrogenului cu oxigen, dar, în același timp, se descompune apa în elementele ei. Reversibilitatea fenomenului își spune cuvîntul. De astă dată nu mai este vorba doar de considerații teoretice, ca acelea ale lui Berthollet, ci de o experiență concretă. Apăreau mijloacele de a supune fenomenul unui control direct. Expresia echilibrului era valoarea unei mărimi fizice: o temperatură. Pentru desfacerea combinației în elementele componente, sub acțiunea căldurii, Deville alege cuvîntul potrivit: disociație termică, noțiune rămasă pînă astăzi în vocabularul chimiei. Odată statornicite ideile de limită a reacției și de reversibilitate, concluziile se dezvoltă de la sine, cu o repeziciune uluitoare.

Disocierea oxidului de carbon

<

Fenomenul trebuie să fie general. Orice reacție produsă sub acțiunea căldurii între substanțe ce se combină este, în același timp, o reacție de combinare și de disociere. Generalitatea fenomenului de disociere termică trebuie verificată. Și începe, astfel, șirul unor experiențe pe corpuri gazoase, lichide, solide, experiențe în care ingeniozitatea se îmbină cu claritatea ideilor. Deville trece de la combinarea oxigenului și a hidrogenului în flacăra oxihidrică la reacția dintre oxid de carbon și oxigen. Pornește, pe cale inversă, de la apă și de la bioxid de carbon pentru a stabili condițiile disocierii. După acid carbonic, ia în experiență oxid de carbon, pentru a dovedi disocierea lui în carbon și oxigen; experimentează pe acid sulfuric, pe acid clorhidric, pe amoniac, pe clorură de magneziu.

Pentru a pune în evidență produsele de disociere, el imaginează sistemul tuburilor concentrice cald-rece, prin care izbutește să răcească brusc produsele de disociere, astfel încît ele să nu mai aibă condiții de recombinare. Imaginează sisteme de extragere a produselor reacției. Analizează, cu cele mai exacte metode ale epocii, gazele produse. Repetă de nenumărate ori fiecare operație și înscrie rezultatele analizelor în tabele. Măsoară atent presiunile. Folosește în unele serii de experiențe scînteile electrice, iar în cele mai multe experiențe folosește căldura produsă prin arderea — alimentată cu un puternic curent de aer — a cărbunelui pulbere.

În descrierea experiențelor sale, nu omite nici un amănunt semnificativ. Cantitățile sînt riguros consemnate. Aparatele folosite, descrise și prezentate schematic. Nici un fenomen secundar nu este omis. Sînt prezentate și nereușitele, împreună cu interpretarea cauzelor lor.

Faptele se înlănțuie riguros. Ele alcătuiesc o demonstrare de nedezmințit a fenomenului disocierii. Saint-Claire Deville se ferește însă de generalizări pripite. Iată-l exprimîndu-și cu prudență concluziile:

„Faptele pe care vi le-am expus și concluziile imediate și mai îndepărtate pe care le-am tras din aceste fapte nu pot fi ușor rezumate. Este propriu teoriilor complete și doctrinelor consacrate în știință să capete o exprimare clară și concisă în același timp. Eu n-am pretenția să exprim sub formă de propoziții rezultatele pe care le urmăresc de mulți ani și nici să consider ca definitive interpretările pe care le-am dat faptelor stabilite fără o previziune teoretică, — nu vreau să spun însă, fără idei preconcepute. Aceste interpretări — o știu — s-au schimbat ca expresie în diferitele mele lucrări publicate; și dacă au o oarecare valoare, ele vor mai suferi modificări ce vor fi — sper — progrese. Dar ceea ce m-a condus mereu este dorința de a distruge influența fatală pe care o exercită asupra științei intervenția continuă a cauzelor ipotetice (Deville se referă la noțiuni vagi, care nu explică nimic, cum era aceea de „afinitate" — *N.A.*) și utilizarea termenilor prost definiți cu care spiritul se obișnuiește chiar fără a le asocia un sens clar și precis"[1].

Experimentatorul Saint-Claire Deville descoperea unul din cele mai interesante fenomene fizico-chimice: fenomenul disociației combinațiilor sub influența căldurii. El determina condițiile acestui fenomen. Fapte, cît mai

[1] Saint-Claire Deville, *op. cit.* pp. 85—86.

multe fapte trebuiau adunate, cercetate, comparate pentru a trage concluzii tot mai generale. Numai astfel se poate ajunge, din aproape în aproape, la înțelegerea interdependenței dintre fenomenele chimice. Faptele experimentale puse în evidență de pleiada elevilor lui Deville și de sute de alți experimentatori au confirmat liniile generale ale interpretării lui Deville. Actualitatea cuvintelor lui Deville este mereu vie pentru cei care se ocupă de teorie și practică științifică.

„Trebuie să lăsăm deci deoparte în studiile noastre toate aceste forțe necunoscute la care s-a recurs numai pentru că nu li s-au măsurat efectele. Or, dimpotrivă, toată atenția noastră trebuie să se fixeze asupra observării și determinării numerice a acestor efecte, ele singure fiind la-ndemîna noastră. Prin această muncă se stabilesc diferențele și analogiile dintre ele și din aceste comparații și măsurări izvorăște o nouă lumină.

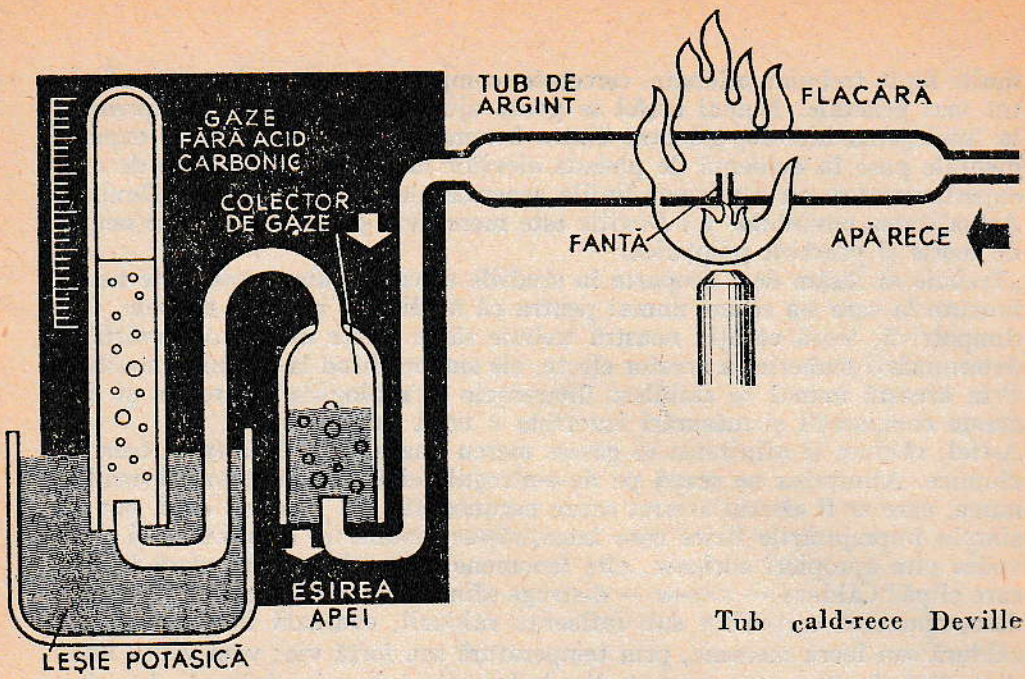
Astfel, căldura și afinitatea se găsesc mereu una alături de alta în teoriile chimice. Afinitatea ne scapă pe de-a-ntregul; ei îi atribuim totuși combinarea, care ar fi efectul acestei cauze necunoscute. Să studiem deci pur și simplu împrejurările fizice care întovărășesc fenomenul combinării și vom vedea cîte apropieri curioase, cîte fenomene măsurabile ni se oferă în fiecare clipă! Căldura — zice-se — distruge afinitatea; să studiem cu stăruință descompunerea corpurilor sub influența căldurii, evaluată în cantitate de căldură sau lucru mecanic, prin temperatură sau forță vie; vom vedea imediat cît de fructuos este acest studiu, independent de orice ipoteză, de orice forță necunoscută, necunoscută chiar și din punctul de vedere al unității față de care trebuie să raportăm măsurarea ei exactă sau aproximativă"[1].

Oroarea de noțiuni neclare, de explicații care nu sînt decît tautologii, caracterizează atitudinea experimentatorului. El cercetează, măsoară, compară și trage concluzii din fapte și numere. Afinitatea era, pe atunci, doar un cuvînt care exprima, fără să explice, că o substanță tinde să se combine cu alta. Măsurînd căldura de reacție și efectele căldurii asupra substanțelor, Saint-Claire Deville deschide calea măsurării energiilor specifice ale diferitelor legături chimice, calea evaluării cantitative și diferențiate a intensității legăturilor chimice.

În fond, Saint-Claire Deville descoperea, în domeniul său de cercetare, insuficiența gîndirii metafizice. El depășea unele categorii abstracte, rigide, și linii fixe de hotar, pe care predecesorii săi, tributari ai modului metafizic și mecanicist de gîndire, le trasau între fenomene și între lucruri. El descoperea caracteristici noi ale mișcării chimice, mișcare deosebită de cea mecanică, mai bogată și mai complexă decît mișcarea mecanică.

Disocierea moleculară termică este fructul unor experiențe sistematic conduse, magistral interpretate. Saint-Claire Deville a elaborat terminologia potrivită pentru descrierea fenomenului observat; a interpretat lucrările experimentale ale altor cercetători (M. Dufour, Laussanne, Gay-Lussac, Regnault etc.) în lumina concepției sale despre disocierea termică, considerată ca un fenomen dinamic, de echilibru, general valabil; a inspirat cercetările elevilor săi asupra disocierii termice a substanțelor solide anorganice (H. Debray — descompunerea termică a spatului de Islanda — E. Isambert, — disociația unor cloruri amoniacale), asupra disocierii termice a substanțelor organice. A abordat cele mai dificile probleme de

[1] Saint-Claire Deville, *op. cit.*, p. 35.



Tub cald-rece Deville

disociere, experimentînd (împreună cu elevul său, Debray) asupra oxizilor metalelor greu fuzibile din familia platinei.

Peste o sută de ani trecuți de la aceste cercetări asupra disocierii termice n-au învechit termenii de „disociere" și „tensiune de disociere", introduși de Saint-Claire Deville.

Davy, Faraday, Berzelius demonstrau, tot prin experiență, raporturile dintre o formă de mișcare a materiei: fenomenul chimic, și altă formă de mișcare: fenomenul electric. Și descopereau în substanțe o formă a contrariilor: plusul și minusul electric. Saint-Claire Deville descoperă în substanțe o altă formă a contrariilor.

În aceeași substanță există tendința de asociere și disociere a elementelor componente. Molecula este o unitate, în care se manifestă cele două tendințe. Condițiile externe: temperatura și presiunea pot determina creșterea unei tendințe sau a celeilalte. Elementele se asociază și se disociază în același timp. În moleculă se manifestă lupta și unitatea contrariilor.

Și astfel, pe măsură ce se dezvoltă mijloacele de cercetare, în strict raport cu dezvoltarea mijloacelor tehnice ale societății, se dezvăluie în fenomenele cercetate dialectica naturii.

*

* *

Printre nenumăratele aplicații ale disocierii, se poate pomeni topirea metalelor cu flacăra de hidrogen atomar (hidrogen ale cărui molecule sînt disociate în atomi, mult mai activi decît moleculele). Dar, în general, construcția tuturor reactoarelor, calculul tuturor proceselor tehnologice de sinteză chimică trebuie să țină seama de disocierea termică.

Ea a îngăduit extinderea, pe scară largă, a legilor termodinamicii la procesele fizico-chimice.
Cercetarea fenomenului descoperit de Saint-Claire Deville n-a mai încetat, de fapt, nici astăzi.
Fiecare dintre lucrările acestui maestru al experiențelor a deschis calea unor aplicații industriale noi. Astfel, în 1868, el observă că magnezia (oxidul de magneziu) amestecată cu apă, pînă la consistență păstoasă, stînd sub apă, se hidratează, transformîndu-se într-o masă cristalină, a cărei densitate depășește pe cea a marmurei. O masă similară se obține cu magnezie și pulbere de cretă sau marmură. Dolomita (carbonat de calciu și magneziu), eliberată de bioxid de carbon la 300—400°C, se transformă și ea sub apă într-o masă compactă, de mare rezistență. Pe aceste proprietăți se bazează utilizarea magneziei la prepararea mortarului și betonului hidraulic. În 1867, M. Sorel, folosind observațiile lui Saint-Claire Deville, obține un ciment din magnezie (magnezie calcinată cu clorură de magneziu), căruia i se poate adăuga pînă la 20% nisip, calcar sau alte materiale de acest fel, fără a-i modifica durabilitatea. Reinhard folosește procedeul pentru fabricarea pietrelor de ascuțit, a pietrelor de moară, a marmurei artificiale.
Întreaga activitate de cercetător a lui Saint-Claire Deville ne dă imaginea experienței ca sursă a teoriei, a experienței ca sursă a aplicațiilor industriale. Bazîndu-se pe faptele experimentale, Saint-Claire Deville își apără intransigent ideile, luptînd împotriva teoriilor confuze. Tumultul controverselor umplea amfiteatrele Academiei de Științe în care experimentatorul înfrunta critica unor savanți de talia lui Wurtz sau Becquerel. Sarcasmul lui Saint-Claire Deville era de temut. Claritatea expunerilor sale transforma lecțiile de chimie experimentală în momente de propagandă activă pentru știință. Nu numai chimiști și medici, dar și oameni de litere, și intelectuali de tot felul se grupau în jurul acestui maestru al experienței, la așa-numitele reuniuni de duminică de la École Normale. Deville transmitea pînă departe, dincolo de zidurile laboratorului, pasiunea pentru cercetarea experimentală. Într-una din zilele anului 1881, cadavrul lui Saint-Claire Deville a fost pescuit în apele Senei.
Copleșit de muncă, depășit de problema aluminiului, trăind în mijlocul unei societăți în morala căreia nu era înscrisă prețuirea și recunoștința pentru talentele reale, Deville s-a cufundat, ca atîția alții, în apele deznădejdii.

XX. Disimetrie moleculară

„Universul este disimetric"

PASTEUR

Cînd — în anul 1848, la vîrsta de 26 de ani — Louis Pasteur comunica primele rezultate ale cercetării sale asupra acidului tartric și paratartric, el găsea o lume pregătită să aprecieze valoarea marilor descoperiri.

La Academia de Științe din Paris, ascultau comunicarea lui Pasteur oameni ca Jean-Baptiste Biot[1], Dumas, Laurent, Balard. Elevul lui Gay-Lussac, Liebig, înființase încă din 1826 laboratorul său de la Giessen, care devenise apoi centrul chimiei germane. Kirchhoff obținuse glucoză din amidon. Wöhler executase celebrele sinteze organice. Berlinezul Eilhard Mitscherlich[2] deschisese, prin celebrele sale experiențe, problema pe care avea s-o rezolve Pasteur. Bunsen era în plină desfășurare.

Comunicările de felul aceleia pe care Pasteur o făcea la 22 mai 1848, trezeau interes nu numai în rîndurile profesorilor de fizică și chimie, ale cercetătorilor din laboratoarele universităților, ci și în rîndurile industriașilor, ale fabricanților de alcool, de bere, de conserve, de coloranți și mordanți pentru textile.

Industriașii trăgeau cu urechea la cele ce se întîmplau prin laboratoarele de cercetare. O descoperire putea deveni ușor patent, și patentul o grandioasă afacere. La urma urmei, nu erau toate noile industrii aplicații ale descoperirilor științifice? Nu întemeiase, oare, Appert în anul 1810 industria conservelor pe baza experiențelor de „știință pură" ale abatelui Spallanzani[3] în legătură cu generația spontanee?

[1] Jean Baptiste Biot (1774—1862), astronom, matematician, fizician și chimist francez, descoperitor al unor importante legi în domeniul căldurii și electricității, creator al zaharimetriei polarimetrice (măsurarea concentrației unei soluții de zahăr pe baza efectului soluției asupra luminii polarizate).

[2] Eilhard Mitscherlich, fizico-chimist german (1794—1863). A descoperit polimorfismul (proprietatea aceleiași substanțe de a se prezenta în forme cristaline diferite), a studiat legăturile dintre constituția moleculelor și formele cristaline ale substanțelor, a pus în evidență activitatea optică diferită a tartraților izomeri, a făcut experiențe pe care s-au bazat primele teorii ale catalizei, a lucrat în domeniul chimiei organice.

[3] Lazzaro Spallanzani (1729—1799). A fost abate, profesor de logică, metafizică și greacă la Reggio, apoi profesor de științe naturale la Modena și Pavia. A spulberat teoria generației spontanee a organismelor microscopice, demonstrînd experimental că în lichidele organice fierte în vase ermetic sudate nu iau naștere microorganisme. S-a ocupat și cu problemele regenerării și fecundării. A realizat pentru prima dată fecundarea artificială (la cîine).

Industria de prelucrare a tartrului de vin era înfloritoare în Franța, mare producătoare de vinuri, în Austria, în Anglia, în Italia.
Pasteur a fost condus spre cercetările sale de chimie cristalografică de către chimistul Balard, în laboratorul căruia lucrase în anul 1846 împreună cu Laurent, elev al lui Dumas.
Antoine-Jérôme Balard (1802—1876) descoperise în 1826 bromul în soluțiile rămase după cristalizarea sării din apa de mare și preparase bromură de sodiu, de potasiu și de argint. În anul 1834, același an în care Dumas făcea celebrele sale experiențe cu clorul asupra substanțelor organice, Balard descoperea acidul hipocloric și era pe cale să descopere acidul hipobromic. Cu zece ani mai tîrziu, în 1844, Balard elabora o metodă nouă de extragere a sării din apa mărilor, folosind, pe lîngă evaporare, înghețarea; el crea astfel bazele industriei sărurilor de clor și brom cu potasiu și magneziu.
Acesta era Balard. Cît despre Auguste Laurent (1807—1853), el era elevul și cel mai apropiat colaborator al lui Dumas; era chimistul care avea să fundamenteze, împreună cu Gerhardt, noua teorie a substituției și tipurilor, opusă celei dominante pînă atunci, a lui Berzelius.
În tovărășia lui Balard și Laurent, Pasteur începe acele lucrări care-l vor conduce spre calea nouă a stereochimiei.
Cartea de căpătîi a acestor chimiști, care au înțeles legătura dialectică dintre formă și conținut, era cristalografia lui René-Just Haüy (1743—1822). În lucrările lui Haüy, întemeietor al cristalografiei geometrice, a găsit Pasteur termenul de hemitropie pentru cristalele care par alcătuite din două jumătăți, dintre care una rotită cu un anumit unghi față de cealaltă.

Pasteur (1822–1895) cercetează cristalele

Pasteur examinează mii de cristale. Cu ochii lui miopi, el urmărește formele tungstaților de sodiu, pe care i le arată Laurent. El cristalizează tartrați din soluțiile lor și cu lupa, cu microscopul, privește fațetă cu fațetă și desenează cristal după cristal. Geniul lui Pasteur are migala drept unul din atribute.
Nota lui Mitscherlich asupra tartratului și paratartratului de sodiu și amoniu comunicată de profesorul Jean-Baptiste Biot, în 1844, în fața Academiei de Științe, îi intrigase pe chimiștii Europei. Corpuri cu aceeași compoziție chimică, aceeași formă cristalină, aceleași unghiuri între fețele cristalelor, aceeași densitate și aceeași birefrigență au o acțiune total diferită asupra luminii polarizate[1]. Tartrații rotesc planul luminii polarizate, paratartrații

[1] Lumină care se obține din lumina naturală prin reflexie sub anumite unghiuri sau prin trecerea prin anumite cristale; spre deosebire de lumina naturală — care corespunde unei radiații electromagnetice, în care vibrația se produce în toate planurile care trec prin direcția de propagare a razei — lumina polarizată corespunde unei radiații electromagnetice în care vibrația se produce într-un singur plan.
Lumina polarizată prin reflexie sau prin refracție se numește lumină polarizată *liniar*. Reflectată de suprafața metalelor și a minereurilor cu luciu metalic, lumina polarizată liniar devine polarizată *eliptic* (capetele vectorilor undelor luminoase descriu o elipsă) iar în cazul corpurilor optic active, lumina polarizată liniar se transformă în lumină polarizată circular (oscilațiile vectorilor luminoși devin circulare).

Louis Pasteur

sînt cu totul inactivi asupra luminii polarizate. A pune în evidență această proprietate era lucru ușor. O soluție de tartrat introdusă în tubul polarimetrului — aparat construit de Johann Gottlieb Christian Nőrrenberg în 1833, ca o perfecționare a primului dispozitiv inventat de Etienne Louis Malus în 1811 — determină întunecarea cîmpului optic și te obligă la rotirea analizorului cu un număr precis de grade pentru a face să reapară cîmpul luminat. O soluție de paratartrat nu are acest efect.

Pasteur vede în acest instrument, care face posibilă urmărirea influenței substanțelor asupra luminii, un mijloc minunat de cercetare a configurației moleculare.

Ideea aceasta îl stăpînește pe Pasteur. Condus de ea, va experimenta, obligînd natura să-i dea răspunsul la problema ridicată de experiența lui Mitscherlich și — probabil — la alte probleme.

În 1847, Pasteur exprimă primele rezultate ale cercetărilor sale asupra tartraților în una din cele două teze de doctorat pe care le prezintă. Dînd două teze de doctorat, una de chimie și una de fizică, el pare că proclamă indisolubila legătură dintre cele două discipline. Teza de fizică cu cele două puncte ale ei se intitulează:

1. Studiu asupra fenomenelor legate de polarizarea rotatorie a lichidelor;
2. Aplicarea polarizării rotatorii a lichidelor la rezolvarea diverselor probleme de chimie.

Celebrul Biot, marele Mitscherlich nu putuseră observa nici o diferență de formă între cristalele de tartrați și paratartrați. Dar o asemenea diferență trebuie să existe. Logica faptelor obligă la această concluzie. În ce constă însă această diferență care a putut scăpa unui Biot, unui Mitscherlich, unui Privostaye? Și se manifestă, oare, într-adevăr, în formele exterioare ale cristalelor, ceea ce Pasteur numea „disimetria moleculelor"?

Pentru a răspunde la aceste întrebări, Pasteur pornește la prepararea substanțelor supuse cercetării. El prepară tartrați de sodiu, de potasiu, de amoniu; prepară tartrați dubli de sodiu și potasiu, de sodiu și amoniu. Începe să examineze atent cristalele obținute prin cristalizare în condiții fizice identice. O primă observație: cristalele acidului tartric și ale sărurilor sale sînt hemiedrice[1] în sensul atribuit de Haűy acestei noțiuni; aceste cristale posedă

[1] Hemiedrie: proprietatea unor clase ale unui sistem cristalin de a nu avea decît o parte din elementele de simetrie (centre, axe, planuri) proprii clasei cu cele mai multe elemente de simetrie (clasa holoedrică) din respectivul sistem cristalin.

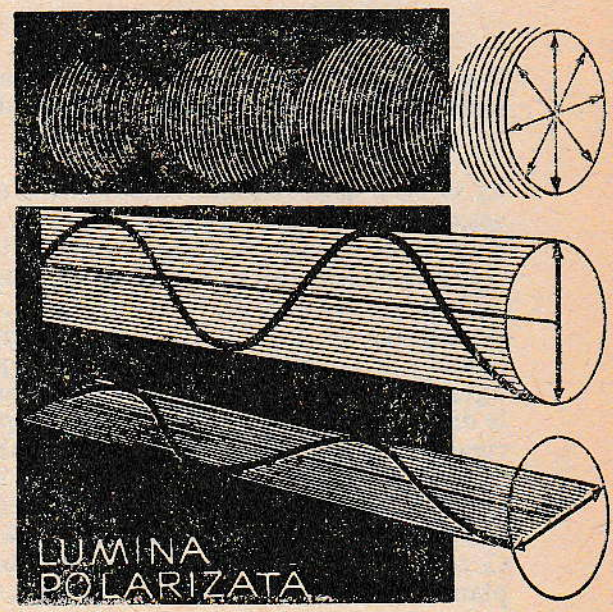
anumite fațete care reprezintă numai jumătate din fețele obligatorii ale grupului cristalin respectiv. Forma acestor cristale este — după expresia lui Pasteur — disimetrică.

Mitscherlich și Biot nu observaseră hemiedria cristalelor de acid tartric. Dacă acidul tartric prezintă hemiedrie, iar cel paratartric n-o prezintă, atunci misterul este lămurit. Aceasta ar însemna că moleculele acidului tartric sînt disimetrice, iar cele de paratartric nu sînt disimetrice. Ar fi suficient pentru a explica de ce tartratul rotește planul luminii polarizate, iar paratartratul nu-l rotește. Pasteur constată însă că nu numai acidul tartric, ci și cel paratartric prezintă fețe hemiedrice (fără corespondent simetric). Am avea, deci, de-a face și la unul, și la celălalt cu disimetrie moleculară. Așadar, diferența de formă nu stă aici.

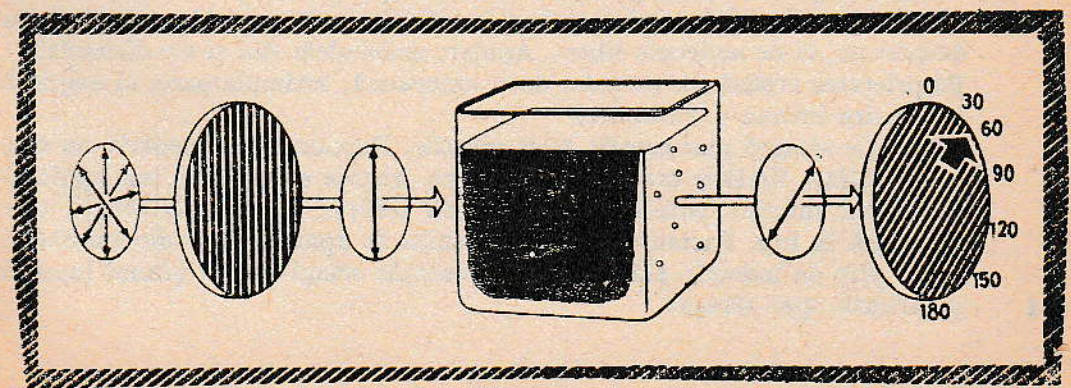
Pasteur examinează cu lupa sute și sute de cristale. Dintr-o mie de cercetători care ar fi examinat cristalele de tartrați și paratartrați, poate nici unul n-ar fi observat diferența de formă pe care o sesizează Pasteur. Fațetele hemiedrice apar la unele cristale de paratartrat în dreapta fețelor principale, la alte cristale în stînga fețelor principale.

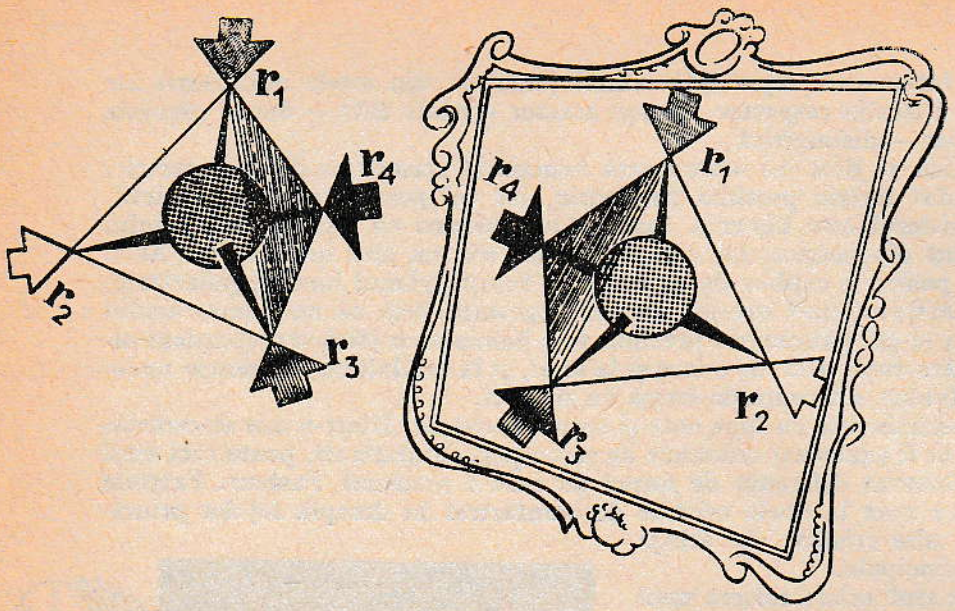
Cristalele sînt mici; rotirea unui cristal sub lupă este o problemă de măiestrie, de finețe maximă. Toate fațetele sînt de aceeași formă. Numărul lor este identic. A observa că fațetele hemiedrice apar cînd la dreapta, cînd la stînga fețelor principale, însemna să deosebești în această lume geometrică un obiect de imaginea lui în oglindă. Acest lucru îi reușește lui Pasteur.

Fiorul descoperirii se exprima în fraza: „Am aflat totul". Pasteur era încredințat că dezlegase enigma. Dar treaba începea de-abia acum.



Lumina polarizată și rotirea planului ei



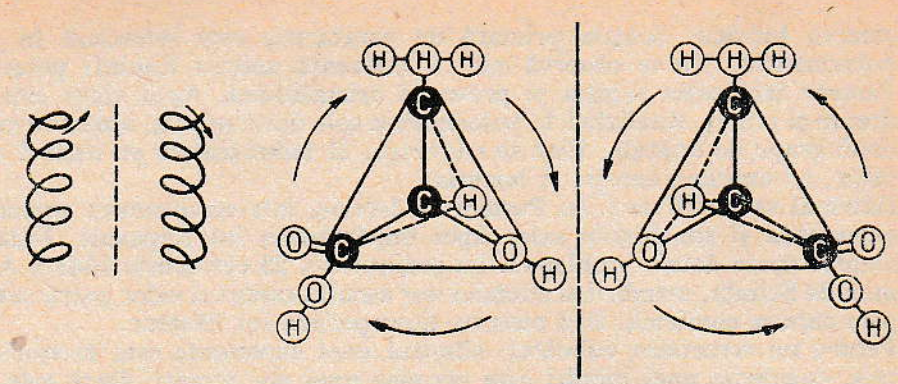


O moleculă asimetrică și imaginea ei în oglindă; r_1, r_2, r_3, r_4 sînt cei patru radicali diferiți legați de același atom de carbon

El trebuia să dovedească experimental că cele două tipuri de cristale acționează diferit asupra luminii polarizate. Pentru aceasta, a început o operație deosebit de migăloasă. Examinarea cristal cu cristal și separarea cu penseta a cristalelor hemiedrice la dreapta de cele hemiedrice la stînga. Pasteur nu-și mai părăsește masa de lucru. Încordat, cu lupa în mînă, el scormonește în grămăjoara de cristale și alege, cu grijă, cristalele drepte de cele stîngi, punîndu-le pe două sticle de ceas. Îndepărtează orice cristal de care nu este sigur. Cînd, în sfîrșit, obține două grămăjoare de cîteva decigrame fiecare, le dizolvă în două eprubete. El toarnă prima soluție obținută în tubul polarimetric, spălat și uscat cu grijă dinainte. Inima-i bate puternic. Instrumentul va confirma sau va infirma ipoteza? Și instrumentul confirmă. Privind prin ocularul polarimetrului, el observă cîmpul întunecat. Rotește, rotește încet și atent spre dreapta, pînă la reiluminarea cîmpului.

Ce repede se succed gîndurile! Soluția de cristale de paratartrat drept rotește planul luminii polarizate spre dreapta. A doua soluție de cristale de paratartrat stîng va roti, desigur, planul luminii polarizate spre stînga. Așadar, disimetria cristalelor se păstrează și în soluție, unde nu mai poate fi vorba de cristale, ci de molecule libere. Așadar, moleculele sînt și ele disimetrice. Proprietatea cristalelor nu este, deci, exterioară, întîmplătoare, ci exprimă o însușire intimă a moleculei.

Gîndurile aleargă mai repede decît mîinile. Dovada experimentală nu este încă deplină. Trebuie încercată soluția cu cristale stîngi. Din nou spălatul și uscatul tubului polarimetric. A doua soluție, cu cristale stîngi, este introdusă în tub. Pasteur își apropie ochiul de aparat, sigur de rezultat și totuși plin de îndoieli. Da! Soluția de cristale stîngi rotește planul luminii polarizate spre stînga.

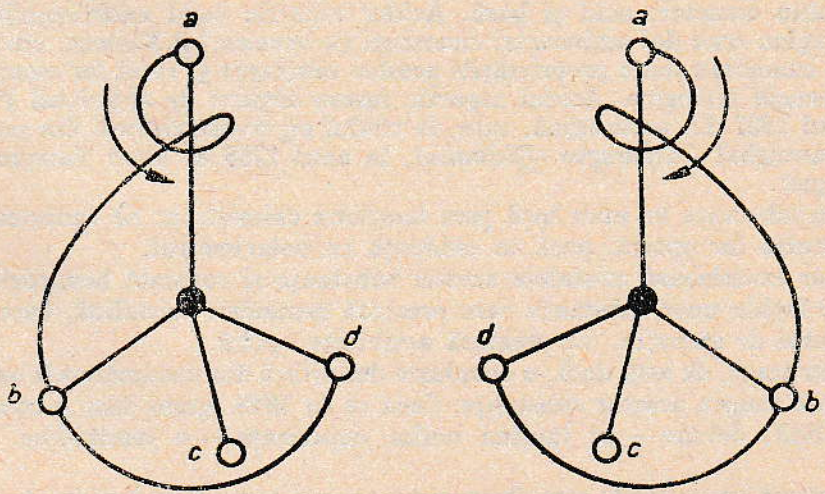


Schema unei molecule asimetrice cu atom de carbon în centrul unui tetraedru; în stînga — elice stîngă și dreaptă

Orice îndoială a dispărut. Totul e limpede. Este vorba de doi acizi paratartrici: unul „stîng" și unul „drept". Și unul și altul sînt activi asupra luminii polarizate. Unul rotește planul luminii polarizate spre dreapta, altul spre stînga. Cînd soluția cuprinde acid drept și stîng în cantități egale, cele două acțiuni contrare se anulează. De fapt, în acidul paratartric se găsește acid tartric propriu-zis, care deviază planul luminii polarizate spre dreapta, și un acid nou, care este izomer cu cel dintîi, și deviază planul luminii polarizate spre stînga. Acidul paratartric este un amestec de tartric drept și tartric stîng.

Aceste concluzii vor fi expuse de Pasteur la 22 mai 1848, în fața Academiei de Științe. Ca orice lucru nou, descoperirea lui Pasteur uluiește și trezește îndoieli. Biot se îndoiește. El cere lui Pasteur să refacă în fața lui experiența de separare a cristalelor.

În laboratorul lui Biot de la Collège de France, Pasteur reface experiența de separare a cristalelor de acid levo și dextrotartric. Biot urmărește desfă-



Cele două sensuri de orientare ale radicalilor în moleculele asimetrice

șurarea lucrării. Soluția primară de paratartric este introdusă în tubul polarimetric. Nu se observă nici o influență asupra luminii polarizate. Pasteur încălzește soluția și provoacă cristalizarea. Apoi alege cristalele drepte și stîngi. Analizînd la polarimetru cele două soluții, obținute cu cele două grupe de cristale, Biot se convinge. Îl îmbrățișează pe tînărul cercetător, își exprimă emoția și bucuria.
Bătrînul savant îi cere lui Pasteur să descrie, într-un memoriu amănunțit, experiența și concluziile sale. Apoi împărtășește lui Regnault, Balard și Dumas toate datele problemei. La ședința din 23 octombrie 1848 a Academiei de Științe, membrii academiei vor asculta raportul celor patru savanți, prin care se confirmă, fără rezerve, descoperirea lui Pasteur.
Pentru un cercetător adevărat, sfîrșitul unei experiențe este începutul alteia, concluzia unei lucrări este premisa unei noi lucrări. Dacă cele două specii de cristale separate au coexistat în acidul paratartric, înseamnă că punîndu-le laolaltă trebuie să obținem din nou acidul inactiv. Pasteur face experiența și obține, într-adevăr, acidul inactiv. Pentru a se evita orice confuzie, el propune o nouă nomenclatură: acidul paratartric = acid racemic; acidul tartric = acid dextroracemic; acidul necunoscut obținut din paratartric = acid levoracemic.

Molecula și lumina

Pasteur nu va mai părăsi filonul o dată descoperit.
Este oare orice substanță optic-activă[1] o substanță hemiedrică? Este orice substanță hemiedrică o substanță optic-activă? Experiența trebuie să dea răspuns acestor întrebări. Pasteur începe o nouă serie de experiențe cu substanțe cunoscute ca optic-active și cu substanțe ale căror cristale prezintă hemiedrie. Din proteinele care alcătuiesc substanțele de bază ale protoplasmei se obțin, prin hidroliză cu acizi sau alcalii, amino-acizii, substanțe cu dublu caracter: acid și bază. Acidul aspartic (acid aminosuccinic) și asparagina erau doi aminoacizi cunoscuți pe vremea lui Pasteur, cînd încă nu se cunoșteau toate proprietățile acestor substanțe și rolul lor esențial în fenomenele biologice. Acidul aspartic fusese obținut de chimistul Plisson în anul 1827 din asparagină, care, la rîndul ei, fusese extrasă din mugurii de sparanghel *(Asparagus officinalis)*, în anul 1785 de către Vauquelin și Robiquet.
Aceste substanțe nu erau încă prea familiare chimiștilor. Se cunoștea însă activitatea lor optică, pusă în evidență cu polarimetrul.
Pasteur examinează cristalele acestor substanțe și constată hemiedria lor. Dar soluțiile unor substanțe care prezintă hemiedrie cristalină, cum ar fi formiatul de stronțiu, nu prezintă activitate optică.
Pasteur trage, de astă dată, o concluzie definitivă din nenumăratele sale experiențe asupra acestor substanțe. Ceea ce în 1848 fusese doar o concluzie probabilă, devine — în lumina noilor experiențe — o certitudine. Dacă

[1] Substanță optic-activă: care abate cu un anumit unghi, care depinde de natura substanței — planul luminii polarizate ce o străbate.

substanța prezintă hemiedrie cristalină și soluția ei este optic-activă, atunci cauza acestei activități asupra luminii polarizate trebuie căutată în însăși structura moleculei. Moleculele substanțelor optic-active sînt disimetrice și această disimetrie este cauza activității optice.

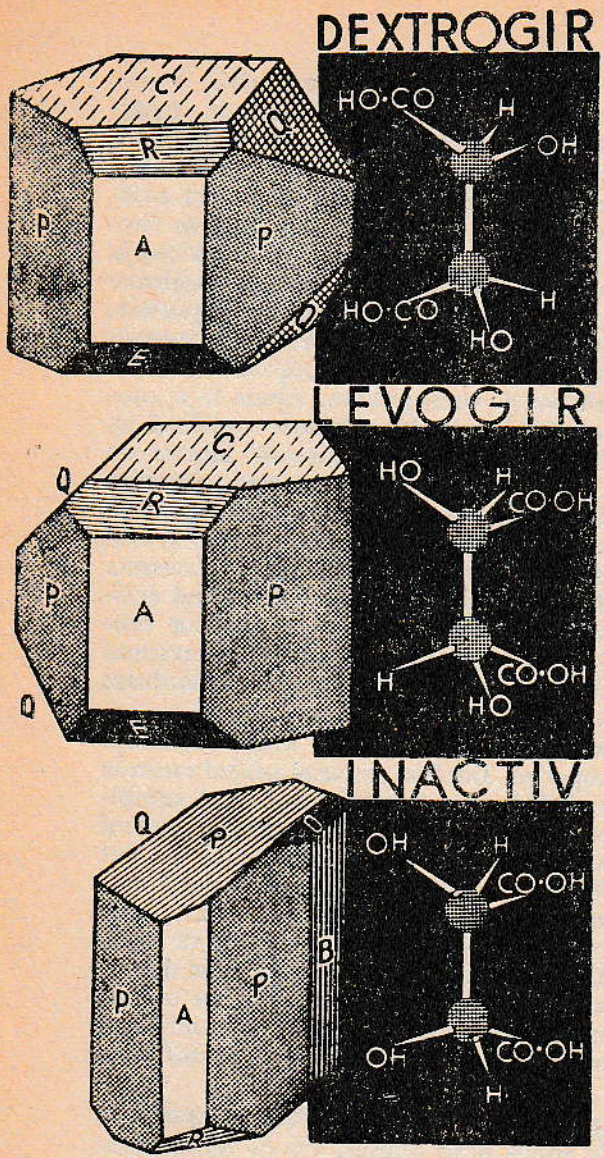
În anul 1851, cînd Pasteur trăgea această concluzie, cînd el sugera existența unor molecule care se deosebesc unele de altele, așa cum se deosebește un obiect de imaginea lui în oglindă, nu se cunoștea încă teoria structurii, pe care o va elabora mai tîrziu Butlerov; nu existau mijloace de cercetare a structurii moleculare pe care le avem astăzi la dispoziție. Pasteur se ridică de la constatările sale experimentale pînă la o ipoteză cutezătoare, relativă la structura intimă a moleculelor. Logica strînsă a faptelor îl împinge spre această îndrăzneață presupunere. Ajuns la o concepție clară despre activitatea optică a substanțelor, Pasteur continuă să cerceteze fenomenele legate de activitatea optică. Vizitează fabrici de tartru din Germania, Austria, Praga. Examinează mostre de tartru provenite din Neapole, Toscana, Saintonge. Pasteur își propune un obiectiv nou: să modifice activitatea optică a substanțelor opticactive, să transforme acidul tartric (dextrogir) în racemic (inactiv) și acidul levoracemic în racemic. El experimentează, observînd efectul schimbării solvenților, urmărind activitatea căldurii și influența unor substanțe optic-active asupra altor substanțe optic-active. Izbutește, astfel, pînă la urmă, să transforme tartricul în racemic, prin încălzirea soluției de acid tartric, în prezența alcaloidului cinconină, la temperatura de 170°C.

Cercetarea efectului unor substanțe optic-active asupra altor substanțe optic-active îl conduce la o nouă descoperire. Dacă se tratează acidul racemic (amestec de dextro- și levo-) cu cinconină dextro, se vor obține două combinații, una rezultînd din combinarea dextrocinconinei cu dextroracemicul și alta din dextrocinconină și levoracemic. Cele două combinații se pot separa, avînd proprietăți deosebite (una este mai puțin solubilă decît cealaltă), dar în felul acesta putem separa racemicul, căci desfacerea combinației cu dextrocinconină este o problemă simplă. Iată, deci, o nouă cale de separare a antipozilor optici. Se combină acidul racemic (numele racemic devine general pentru orice amestec echimolecular de dextro- și levo-) cu o bază (ca, de pildă, un alcaloid) dextro- sau levo- și apoi se separă, prin mijloace obișnuite baza, eliberînd acidul dextro- dintr-o combinație și acidul levodin a doua combinație.

În căutarea unor noi metode de separare a racemicilor, Pasteur ajunge la uluitoarea descoperire că un racemic supus unui anumit tip de fermentație se dedublează în antipozi optici. Cultivînd *Penicillium glaucum*[1] într-un mediu de cultură sintetic, conținînd sarea de amoniu a acidului racemic (racemat de amoniu), dextro- și levoracematul sînt consumați cu viteze diferite. *Penicillium glaucum* „alege" dextroracematul, iar soluția se îmbogățește mereu în levoracemat neconsumat. Iată obținută o a treia metodă de separare a antipozilor optici. Și în același timp un punct de pornire în studiul procesului biochimic al fermentației.

Pasteur s-a angajat pe calea cercetărilor asupra fermentației. A ajuns apoi la problemele bolilor microbiene, rezolvînd probleme fundamentale ca

[1] Specie de ciupercă saprofită.



Tartrații

aceea a holerei găinilor, a bolii viermilor de mătase și, în sfîrșit, ca o supremă încoronare a unei vieți închinate cercetării experimentale, la descoperirea seroterapiei și vindecarea turbării. Dar toate acestea — ca și celebrele experiențe legate de problema generației spontanee — depășesc domeniul chimiei și demonstrează capacitatea uriașă a acestui cercetător neobosit al naturii, pentru care nu existau bariere de netrecut.

Chimia îi datorează lui Pasteur bazele stereochimiei optice și concepția disimetriei izvorîtă din experiențele amintite cu substanțele optic-active. Efectul acestor rezultate ale lucrărilor experimentale ale lui Pasteur nu s-a epuizat nici pînă astăzi, după o sută de ani de la încheierea lor. Pasteur a înțeles, el cel dintîi, valoarea acestor rezultate. Pînă la sfîrșitul vieții sale pline, Pasteur n-a încetat să-și pună răscolitoare întrebări în legătură cu disimetria. Depășind cercul strict al disimetriei moleculare, Pasteur gîndea la disimetria luminii, electricității, magnetismului, și la interdependența dintre această însușire și disimetria substanțelor optic-active. Lumină și substanță, magnetism și substanță, vibrație electromagnetică și substanță. Gîndea la efectul acestor disimetrii asupra sintezelor de substanțe în natură și era convins că sinteza vieții pe pămînt trebuie să fie strîns legată de „sinteza disimetrică". Și a încercat să experimenteze, pe această bază teoretică, dincolo de limitele materiale ale epocii sale. A încercat sinteza corpurilor optic-active, folosind cîmpuri magnetice. Aceasta a fost prea mult pentru deceniul al 8-lea al veacului trecut. Nici în deceniile următoare, problema n-a putut fi rezolvată. Ipoteza că formarea preferențială — în natură — a unuia din antipozii optici s-ar datora cîmpului asimetric al magnetismului pămîntesc pare chiar să fie infirmată de neizbutitele încercări de a realiza sinteza asimetrică în cîmpuri magnetice puternice.

Urmărind pașii făcuți în direcția indicată de Pasteur, capeți însă convingerea că într-un viitor nu prea îndepărtat, cînd sinteza materiei vii se va înscrie printre cuceririle omului, se va dovedi rolul unor factori disimetrici externi în sinteza componenților protoplasmei, care sînt aminoacizi optic-activi.

După elaborarea teoriei structurii de către Butlerov, a fost posibilă înțelegerea izomeriei și fundamentarea teoriei stereoizomeriei[1] optice. Teoria a fost dezvoltată de Le Bel și Van't Hoff în anul 1874, pornind direct de la lucrările lui Pasteur. S-au descoperit apoi, în natură, clase întregi de corpuri, care prezintă stereoizomerie optică, înfățișîndu-se în trei forme — dextro- levo- și racemic. Analiza structurilor moleculare cu ajutorul razelor X confirmă punctul de vedere al lui Pasteur: condiția ca un corp să se prezinte în formele optic-active este ca molecula sa să existe în două structuri nesuperpozabile de tip obiect-imagine[2].

S-au făcut nenumărate încercări de sinteză a unor corpuri optic-active după ce Cotton a demonstrat prin experiențele sale (1896) că soluții de izomeri optic-activi absorb în măsură diferită razele de lumină circular polarizată în sensuri opuse, iar cehoslovacul Byk a emis pe această bază experimentală — în 1904—1909 — ipoteza că sinteza asimetrică ar putea fi realizată dacă reacțiile fotochimice s-ar efectua nu cu lumină naturală, ci cu lumină circular polarizată. Karagunis și Drikos par să fi reușit să obțină, în 1936, compuși ușor dextrogiri în lumină polarizată circular spre stînga și compuși ușor levogiri cu lumină polarizată circular spre dreapta. Iradiind cu lumină roșie de lungime de undă 6 000—7 800 Ångström, polarizată circular spre stînga, s-a putut descompune un racemic.

Experiențele de cataliză[3] orientată propuse de Schwab în 1932—1934 au deschis o cale nouă în sinteza disimetrică. Depunînd catalizatori pe cristale de cuarț dextrogir sau levogir (nichel pe cuarț, de pildă), reacția de dehidrogenare catalitică se face pe seama unuia dintre cei doi izomeri optic-activi dintr-un racemic (2-butanolul racemic). Se izolează astfel unul din izomerii optic-activi.

A.P. Terentiev (1950) extinde procedeul de sinteză disimetrică propriu-zisă, realizînd cu urme de alcalii depuse pe cristale levogire de cuarț, un produs dextrogir, din ciclohexanonă și nitril acrilic.

Disimetria în microcosmul atomic

Și, în sfîrșit, disimetria și-a spus cuvîntul în domeniul atomic. În 1956—1957, tinerii savanți chinezi T.D. Li și C.N. Yan atacă misterul dezintegrării betaelectronice și pozitronice. Microlumea atomului aducea în ultimele două decenii probleme care nu-și găseau răspunsul. Trebuiau explicate dife-

[1] Izomerie spațială.

[2] Un obiect la care se poate distinge o parte dreaptă și una stîngă nu se suprapune peste imaginea lui în oglindă. Diferențele se pot sesiza dacă privim un ceas în oglindă. Cele 2 structuri izomere optic-active — în concepția lui Pasteur — sînt între ele ca un obiect și imaginea sa.

[3] Vezi capitolul XXI, *Cataliza*.

rite detalii ale spectrelor beta, regulile de selecție la dezintegrarea beta, existența izomerilor (a stărilor metastabile) descoperite de Otto Hahn la elementele radioactive naturale și de fizicienii sovietici I.V. Kurceatov, P.V. Kurceatov, L.V. Mîsovski, L.I. Rusinov, la elementele radioactive artificiale.

În 1956 s-a izbutit pentru prima oară să se confirme experimental existența particulei neutrino, „micul neutron", particulă cu o masă neglijabilă și fără sarcină.

Teoria trebuia să explice proprietăți subtile ale substanței.

Cei doi savanți chinezi elaborează o ipoteză îndrăzneață: în cazul dezintegrării beta nu se observă așa-numita paritate spațială a funcțiilor de undă. Lăsînd la o parte relațiile prin care se exprimă aceste caracteristici ale fenomenelor nucleare de „slabă" interacțiune, ce înseamnă, în fond, neconservarea parității? Ea înseamnă că în spațiul din jurul nucleului atomic nu există o echivalență între stînga și dreapta, că stînga și dreapta se deosebesc așa cum se deosebește mîna stîngă de cea dreaptă.

Principiul simetriei, consacrat în fizică sub numele de conservarea parității, nu mai este valabil pentru aceste fenomene care se petrec în spații de ordinul 10^{-16} cm. Izotropia spațială, care pare evidentă, lasă locul unei anizotropii spațiale.

Li și Yan au propus verificarea experimentală a ipotezei lor prin cercetarea emisiei electronilor din nucleul de cobalt radioactiv Co^{60}. În anul 1957, savanta profesor C.H. Wu efectuează experiența de verificare, lucrînd în apropiere de 0 absolut, sub acțiunea unor puternice cîmpuri magnetice. Se constată, cu prilejul acestor experiențe, că emisia electronilor este orientată asimetric. Majoritatea electronilor sînt expulzați într-o direcție opusă spinului[1] nucleului.

Cercetătorul sovietic Abraham Alihanov, reface aceste experiențe. Rezultatele sînt confirmate. Se dovedește, astfel, experimental, prin măsurare și numărare, neconservarea simetriei în microcosm. Nu este exclus ca neconservarea parității să depindă chiar de proprietățile spațiului pe distanțe extrem de mici de ordinul de mărime caracteristic dezintegrărilor beta, așa cum susține savantul sovietic I.S. Șapiro.

„Universul este un ansamblu disimetric", spunea Pasteur ... „Universul este disimetric, căci dacă am așeza în fața unei oglinzi totalitatea corpurilor care compun sistemul solar, deplasîndu-se confom mișcărilor proprii, am avea în oglindă o imagine nesuperpozabilă a realității". Iar în ultima lucrare — neterminată — a lui Pasteur *(Studii de chimie moleculară* sau *Cercetări asupra disimetriei produselor organice naturale)* din 1878 putem citi: „Dar studiile acestea nu sînt nici pe departe încheiate. Consider că ele deschid pentru știință orizonturi cu totul noi... Mulți savanți tineri vor aduce, fără îndoială, contribuția eforturilor lor".

Nu este, oare, teoria neconservării parității un răspuns la această invitație, o confirmare a acestei previziuni?

[1] Moment cinetic propriu particulei. Spinul se exprimă în unități $\frac{h}{2}$, unde h este constanta lui Planck.

XXI. Cataliza

„Știința se ținea departe de cataliză ca de un loc rău famat"

W. OSTWALD

Istoria acestui fenomen, pentru înțelegerea și stăpînirea căruia lucrează astăzi sute de experimentatori și teoreticieni din toate țările lumii, își are începutul într-o farmacie din Petersburg, în zilele anului 1811. Era în timpul domniei țarului Alexandru I. Rusia se afla în război cu turcii și se pregătea pentru războiul cu Napoleon.

Farmacistul experimentator — S. K. Kirchhoff (1764-1833)

În spițeria lui din Petersburg, Sigismund Konstantinovici Kirchhoff nu se mai ocupă cu rețete obișnuite. Elevii lui execută ordonanțele medicale, iar el umple retortele, le pune la fiert, le golește, gustă siropul din retorte. În timpul acestor experiențe, ciudate pentru toți cei din jur, nu-l mai recunoști pe farmacist. Nimic din aerul plictisit al zilelor obișnuite nu rămîne pe chipul lui. El repetă de zeci de ori aceeași operație. Încordarea cu care urmărește fiertura lasă loc unei destinderi totale abia în clipa în care gustă siropul. Este zahăr, zahăr dulce, asemănător cu cel obținut din trestia de zahăr sau din sfecla de zahăr, abia introdusă în cultură. Și farmacistul reia încercarea, temîndu-se, parcă, să nu fi fost totul decît o întîmplare. Experiențele lui Sigismund Kirchhoff erau foarte simple. El fierbea amidon cu o soluție de acid diluat și obținea un sirop, conținînd o cantitate de zahăr ceva mai mare decît cantitatea de amidon luată în experiență.
Înainte de a urmări desfășurarea experiențelor lui Kirchhoff, să încercăm descifrarea factorilor care au determinat această activitate a farmacistului din Petersburg.
În anul 1747, cu mai mult de jumătate de secol înaintea experiențelor lui Kirchhoff, apăruse lucrarea lui Andreas Sigismund Marggraf (1709—1782), intitulată: *Încercări chimice pentru extragerea unui zahăr adevărat din diferite plante ce cresc în țările noastre*. Berlinezul Marggraf a fost primul chimist care a descoperit zahărul în sfeclă și a deschis, astfel, calea către o nouă sursă de zahăr, în afara celebrei trestii de zahăr. Chimiștii din toate țările Europei încercau să găsească surse locale de zahăr. Cererea pentru acest aliment condensat creștea o dată cu populația orașelor, o dată cu dezvoltarea industriei.

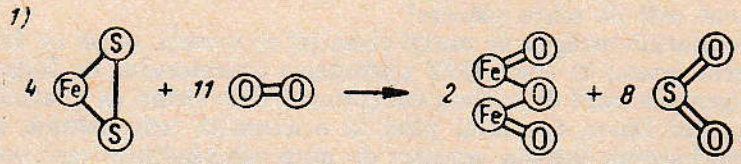
În anul 1801, Franz Karl Achard inventează procedeul extragerii zahărului din sfeclă și înființează în Silezia prima fabrică de zahăr din sfeclă. Interesul pentru această invenție crește cu fiecare an. Napoleon, care încerca să lovească prin blocusul continental inima Angliei, comerțul ei, hotărăște în anul 1812 să aloce o suprafață de 30 000 de hectare — pe care o mărește apoi la 100 000 de hectare — pentru cultivarea sfeclei de zahăr; el pune la dispoziția cercetătorilor 1 000 000 de franci aur pentru cercetări în direcția descoperirii celor mai bune procedee de fabricare a zahărului din sfeclă.
Așadar, Kirchhoff avea un obiectiv foarte clar. Să obțină zahăr din cereale, din cartofi, din toate acele plante cultivate de sute și mii de ani. Poate că el a pornit de la ideea că o bucată de pîine mestecată multă vreme în gură capătă un gust dulceag. De aceea a încercat să fiarbă multă vreme amidonul cu apă. Și obținea, într-adevăr, un lichid cu gust dulceag. Adăugînd însă puțin acid clorhidric la fiertură, el capătă un sirop cu adevărat dulce. Apare glucoza.
Mai surprinzător pentru farmacistul experimentator decît chiar apariția regulată a glucozei prin fierberea amidonului cu soluție diluată de acid clorhidric era că obținea același zahăr dacă fierbea amidonul cu acid sulfuric. Și ciudat era că la sfîrșitul experienței acidul părea neconsumat. Kirchhoff determină cantitatea de acid rămasă după terminarea experienței și constată că ea rămîne neschimbată. Cît acid a introdus, atîta rămîne la sfîrșitul operației. Atunci care este rolul acestei substanțe în reacție? Întrebarea rămînea fără răspuns. Și, la fel, fără răspuns rămîneau întrebările: de ce obține ceva mai mult zahăr decît amidonul luat în experiențe? De ce nu se degajă gaze, în cursul reacției?
Conștient de însemnătatea descoperirii sale, Kirchhoff publică primele lui rezultate. Savanții din lumea întreagă pun la îndoială faptele stabilite de cercetătorul din Petersburg. În zeci de laboratoare din orașele Europei se refac experiențele după metodica simplă indicată de Kirchhoff. Rezultatele confirmă faptele stabilite. Se încearcă aceeași operație cu alți acizi. Se folosesc pe rînd acidul fosforic, acetic. Acidul fosforic acționează și el, dar mult mai slab decît acidul clorhidric sau sulfuric. Acidul acetic nu dă nici un rezultat. Explicația n-a putut fi dată, dar faptele au rămas consemnate, iar industria s-a grăbit să treacă la aplicarea metodei fără să se sinchisească de explicații teoretice.

Noi fapte fără explicație imediată

Fapte neexplicate, ca acelea puse în evidență de Kirchhoff, au mai ieșit la iveală, în cele mai diferite domenii de cercetări.
Chimistul francez Louis Jacques Thénard (1777—1857), căruia i se datorește, printre altele, un nou procedeu de fabricare a ceruzei și care împreună cu celebrul Gay-Lussac preparase pentru prima oară tetraclorura de siliciu, se ocupa prin anul 1818 cu acțiunea acizilor asupra bioxidului de bariu. Thénard obține niște soluții cu proprietăți interesante. Aceste soluții, venind în contact cu anumite substanțe, ca, de pildă, buretele de platină sau bioxidul de mangan, degajau cu violență oxigen. Experimentatorul își închipuie

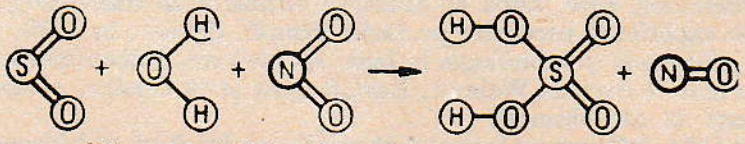
întîi că este vorba de o sare oxigenată a bariului; dar precipitînd tot bariul din soluție cu ajutorul acidului sulfuric (care dă un precipitat de sulfat de bariu ușor de îndepărtat) soluția își păstrează ciudatele ei proprietăți. Ea degajă în contact cu buretele de platină, cu bioxidul de mangan, ba chiar și cu sîngele proaspăt (sau cu fibrina proaspăt extrasă din sînge) oxigen. Chimistul crede că a descoperit niște acizi noi, mai bogați în oxigen decît cei cunoscuți. Dar pentru a se convinge, el încearcă să îndepărteze toți acizii din soluție. Chiar și după această operație, soluția își păstrează însușirile ei. Or ea nu mai cuprinde săruri de bariu, nu mai cuprinde acizi. Este doar apă legată chimic cu oxigenul. Este un peroxid de hidrogen.

1)



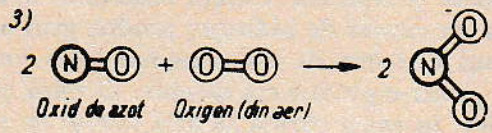
Prăjirea piritei și obținerea bioxidului de sulf

2)



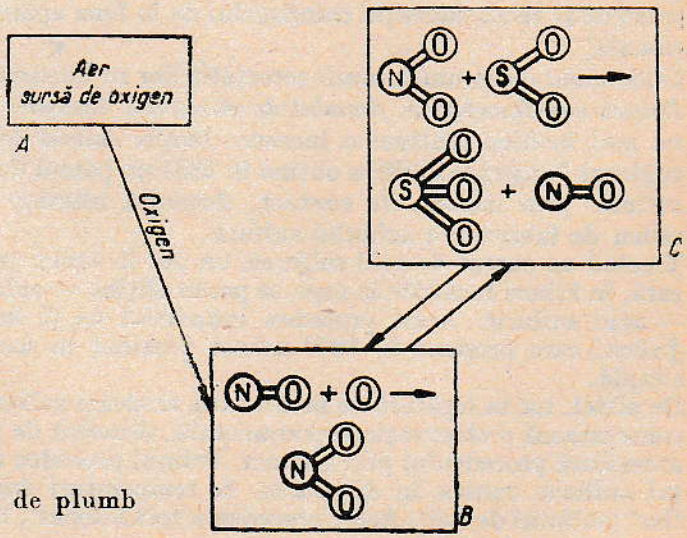
Obținerea acidului sulfuric și a oxidului de azot

3)



Oxid de azot *Oxigen (din aer)*

Bioxid de azot



Reacția din camerele de plumb

Surprinzător nu era că hidrogenul a putut da naștere unei combinații mai bogate în oxigen decît apa, ci că această substanță, relativ stabilă în soluție, se descompune cu violență în apă și oxigen, la simplul contact cu diferite substanțe, care rămîn — după descompunerea acestei ape oxigenate — neschimbate.

Un nou fapt inexplicabil. O substanță — în cazul apei oxigenate, buretele de platină, bioxidul de mangan sau fibrina — poate determina, prin simplul contact cu alta, o reacție puternică fără să participe, aparent, la reacția declanșată.

Oare această idee a activității neexplicate a buretelui de platină să-l fi condus pe chimistul german Johann Wolfgang Döbereiner (1780—1849) la invenția care i-a făcut atît de mare plăcere?

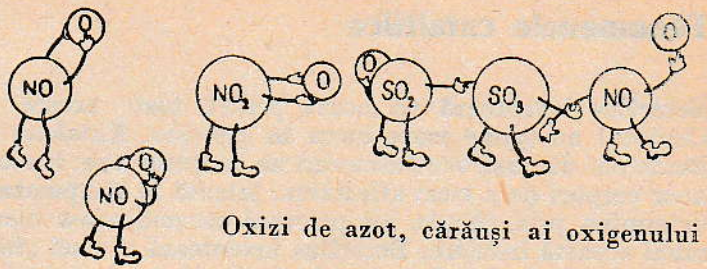
Buretele de platină atrăgea pe mulți chimiști ai vremii, după ce Humphry Davy experimentase în anul 1817 aprinderea amestecului de hidrogen cu aer sau oxigen sau oxid de carbon cu ajutorul unei sîrme de platină încălzite. Sîrma lui Davy, încălzită pînă la o anumită temperatură, devenea repede incandescentă într-un amestec de gaze combustibile care conțineau oxigen, și determina aprinderea amestecului. Aceste fapte îi erau cunoscute lui Döbereiner, care, după ce studiase farmacia la Münchberg și, după o serie de experiențe nereușite pe tărîm tehnic, devine, în 1810, profesor de chimie, farmacie și tehnologie la Iena. Ca profesor, Döbereiner intră în legătură cu marele duce de Weimar, Karl August și cu Goethe, și unul și altul interesați în ale chimiei.

În anul 1824, Döbereiner inventează celebra sa brichetă cu hidrogen și burete de platină. Un aparat, care poate fi considerat drept străbunul aparatului Kipp (inventat în 1863) debita un curent de hidrogen produs prin acțiunea acidului clorhidric asupra unui cilindru de zinc, numai atîta vreme cît robinetul aparatului manevrat printr-o pîrghie era deschis. O duză prefăcea curentul de hidrogen într-un jet, în calea căruia se afla burete de platină. Jetul de hidrogen se aprindea în contact cu buretele de platină. Pentru vremea aceea, cînd chibriturile nu erau cunoscute, și focul se mai făcea cu amnar, cremene și iască, invenția chimistului de la Iena apărea ca o realizare excepțională.

Döbereiner o comunică lumii cercetătorilor în lucrarea intitulată cu emfază: *Despre nou-descoperita, deosebit de minunata însușire a platinei*. Döbereiner va mai închina platinei o lucrare: *Despre chimia platinei* (1836), după ce englezul Peregrine Phillips obține în 1831 un patent de producere a acidului sulfuric prin metoda de contact, devenită ulterior cel mai răspîndit procedeu de fabricare a acidului sulfuric.

Trecînd un curent de acid sulfuros, cu aer în exces, peste platină fin divizată, în tuburi încălzite la roșu, se poate obține — arăta brevetul lui Phillips — acid sulfuric. Acest procedeu industrial va fi îmbunătățit de Thomas Julien, care propune în 1846 azbest platinat în loc de burete de platină simplă.

De altfel, tot în legătură cu producerea acidului sulfuric, istoria chimiei mai consemnează o observație experimentală, deosebit de interesantă, din epoca anterioară procedeului prin contact. Primul procedeu de fabricare a acidului sulfuric consta în distilarea, la temperaturi înalte, a „vitriolului de fier" (sulfatul de fier). Acest procedeu a fost înlocuit, în veacul al XVIII-lea,



Oxizi de azot, cărăuși ai oxigenului

prin procedeul camerelor de plumb[1]. În acest procedeu, sulful era ars împreună cu salpetru (azotat de sodiu). Ce rost avea introducerea salpetrului? Prin ardere simplă se obține din sulf bioxid de sulf. Acesta, dizolvat în apă, dă acid sulfuros. Soluția de acid sulfuros, stînd multă vreme la aer, se transformă, în parte, în acid sulfuric. Oxigenul necesar pentru a transforma acidul sulfuros (H_2SO_3) în acid sulfuric (H_2SO_4) este luat, în acest caz, din aer. Evident, acesta nu poate fi un procedeu industrial. Folosirea salpetrului avea tocmai rostul de a da oxigenul necesar pentru transformarea bioxidului de sulf în trioxid de sulf, ceea ce însemna rezolvarea problemei producerii acidului sulfuric. Procedeul cu salpetru s-a dovedit aplicabil, și astfel s-au creat marile fabrici de acid sulfuric bazate pe procedeul camerelor de plumb.

Cercetînd reacțiile ce au loc în camerele de plumb, Clément-Désormes arăta încă în 1793 că salpetrul are — în procesul producerii acidului sulfuric — doar rolul de mijlocitor între acidul sulfuros și aerul atmosferic. El propune chiar insuflarea de aer pentru reducerea consumului de salpetru. În 1806, chimistul descoperă așa-numitele „cristale de camere de plumb", pe care le consideră un produs intermediar la fabricarea acidului sulfuric, produs care ar fi alcătuit din oxid de azot și bioxid de sulf. El face o serie de analize cantitative și constată un fapt esențial: cantitatea de salpetru este mai mică — de 10 ori mai mică — decît cea care ar fi necesară pentru alimentarea cu oxigen a reacției de transformare a bioxidului de sulf în trioxid. Pe aceste baze, pentru a explica fenomenul, el emite ipoteza că oxizii de azot (vaporii brun-roșcați asfixianți), care se produc prin arderea sulfului în salpetru, sînt niște adevărați cărăuși de oxigen din aer. Ei ar fi mijlocitorii oxidării. Cantitatea de oxizi de azot rămîne neschimbată în cursul reacției. Observația acestui chimist, capitală pentru problema catalizei, a fost însă dată uitării. Experiențele lui Kirchhoff au readus pe tapet problema reacțiilor ce se produc sub influența unui reactiv *care nu se consumă în reacție*.

Faptele descoperite prin experiențele lui Kirchhoff, Thénard, Davy, Döbereiner erau fapte de importanță capitală. Deveniseră bazele unor invenții și industrii; dar explicația lor teoretică lipsea.

[1] John Riebuk în 1746 folosește pentru prima oară camerele de plumb, în care arde un amestec de sulf și salpetru.

Fenomenele catalitice

Berzelius inventează un nume pentru toate aceste fenomene: cataliză. Cuvîntul nu spune mare lucru în greceşte. *Katalusis* înseamnă dizolvare. Berzelius dă însă acestui cuvînt un conţinut nou: fenomen datorit însuşirii unor corpuri de a trezi afinitatea, latentă la temperatura experienţei, de a determina prin simpla lor prezenţă recombinarea unor corpuri. Pentru a numi această însuşire, Berzelius inventează o nouă „forţă", pe lîngă atîtea altele (ca forţa de adeziune, de capilaritate etc.) pe care o botează — evident — forţă catalitică. Aşadar, fenomenul avea un nume, iar cauza lui avea un nume derivat din acela al fenomenului. Puţină lume putea fi însă de acord cu acest mod de a teoretiza datele experienţei. Liebig, care în multe controverse ştiinţifice fusese alături de Berzelius, se opune pînă şi atribuirii unui nume generic pentru toate aceste fenomene. Şi pentru că simpla negare nu era suficientă, Liebig construieşte o teorie „explicativă". În deceniile care au urmat experienţei lui Kirchhoff, s-au adunat numeroase exemple de reacţii care, după expresia lui Berzelius, sînt fenomene catalitice. Nu este vorba numai de cele puse în evidenţă de Thénard, Davy şi Döbereiner. Studiul ştiinţific al fermentaţiei alcoolice prilejuieşte strîngerea unui nou material experimental care se cere înţeles, interpretat.

În anul 1835, Charles Cagniard de La Tour stabileşte pe baza observaţiilor la microscop, că drojdia de bere este un organism monocelular care se înmulţeşte prin înmugurire sau prin spori. Doi ani mai tîrziu, Friedrich Kützing şi, concomitent cu el, Theodor Schwann, demonstrează pe cale experimentală că fermentaţia se datoreşte microorganismelor descoperite de Cagniard. Se elaborează, astfel, o teorie biologică a fermentaţiei. Pasteur îşi va însuşi această teorie şi va face nenumărate experienţe pentru a demonstra că acolo unde nu există viaţă a microorganismelor, nu există fermentaţie. Existenţa unor fermenţi, ca diastaza care produce fermentarea orzului în eprubetă, îl obligă pe Pasteur să-şi adapteze teoria la fapte. El va emite ideea existenţei unor fermenţi „figuraţi" şi a unor fermenţi „nefiguraţi". Cei figuraţi nu pot acţiona decît în prezenţa vieţii. Pasteur îşi bizuia teoria biologică nu numai pe propriile sale experienţe. El era atît de convins că fermentaţia şi putrefacţia nu pot fi reduse la simple fenomene chimice, încît accepta ca o dovadă peremptorie a teoriei participării vieţii microorganismelor la fermentaţie şi putrefacţie o experienţă neconcludentă a lui Lüdersdorf.

Acest Lüdersdorf se distinsese în 1832 printr-o interesantă lucrare experimentală asupra cauciucului. El făcuse atunci observaţia că sulful acţionează asupra unei soluţii de cauciuc în terebentină, îmbunătăţind însuşirile cauciucului, care-şi pierde astfel proprietatea de a fi lipicios. Pe această observaţie se va baza procedeul de vulcanizare a cauciucului, procedeu care a devenit mai tîrziu parte integrantă din tehnologia cauciucului natural. Acelaşi Lüdersdorf execută o experienţă, pe care o voia decisivă, în problema participării celulei vii la fermentaţie. El mojarează puternic drojdia de bere pentru a distruge astfel celulele vii şi pentru a încerca efectul substanţelor chimice din celule, după distrugerea acestora. Bulionul obţinut nu determina fermentaţia. Lui Pasteur i se părea că dovada incapacităţii fermenţilor figuraţi de a determina — în absenţa vieţii celulare — fermentaţia, era dată

pe această cale. Adevărul este că Lüdersdorf distrugea și fermenții o dată cu celulele, deoarece operația dura prea mult și în răstimp oxigenul din aer modifica compoziția și însușirile substanțelor-fermenți (care au căpătat mai tîrziu numele de enzime).

Această dovadă experimentală insuficientă va fi opusă de Pasteur teoriei mecanice a fermentației, propusă de Liebig în 1839. Împrejurările în care Liebig elaborase teoria sa asupra fenomenelor pe care Berzelius le numea catalitice, nu erau cele mai potrivite pentru un progres real. Aceasta nu numai pentru că materialul experimental adunat era insuficient, precum insuficiente erau și mijloacele de urmărire a fenomenelor, ci pentru că Liebig a fost subiectiv în această problemă. Atacat de Berzelius — de pe platforma exageratei sale teorii electrochimice — în problema compoziției substanțelor, Liebig reacționa prompt, împins de dorința de a lichida, pur și simplu, concepția lui Berzelius. Era un factor subiectiv, care nu se putea să nu se răzbune asupra caracterului științific al susținerilor lui Liebig. El respinge cuvîntul cataliză și explică așa-numitele acțiuni catalitice prin ipoteza șocurilor moleculare. Moleculele corpurilor active ar provoca — după Liebig — reacțiile între corpurile activate prin anumite mișcări ale lor, prin șocurile mecanice pe care el le-ar provoca. Nici o experiență nu putea pune în evidență aceste șocuri, nici o experiență nu putea confirma sau infirma ipoteza acestor mișcări particulare, speciale, ale moleculelor substanțelor active. Autoritatea lui Liebig și pasiunea pe care o punea în disputa cu Berzelius au determinat succesul momentan al acestei teorii fără bază experimentală, care încerca să reducă fenomene fizico-chimice la simple mișcări mecanice, o teorie tipic mecanicistă.

În 1837, Liebig extinde teoria sa asupra fenomenului fermentației. El susține că viața celulelor de drojdie de bere n-are nimic comun cu fermentația, așa cum plantele verzi ce cresc pe un arbore putred n-au nimic comun cu fenomenul putrezirii arborelui. Efectul drojdiei constă — după Liebig — în „șocul mecanic" al moleculelor, născute din descompunerea drojdiei, asupra zahărului.

Pasteur își susținea în continuare teoria. Și, la fel, Liebig. Lucrurile au rămas multă vreme în această fază vagă și confuză. Chimiștii priveau cu tot mai multă neîncredere teoriile catalizei și ale fermentației. Se născu un fel de teamă de a ataca aceste subiecte. Tratatele de chimie treceau sub tăcere acest grup de fenomene chimice. Mari chimiști ca Henri Saint-Claire Deville luau în derîdere pe cei care încercau să explice prin „forțe catalitice" fenomenele chimice.

Între timp însă, industria fermentativă și de sinteză se dezvolta, iar „acțiunea de contact", cum numea în 1876 chimistul rus N.N. Lubavin cataliza, se dovedea a fi o realitate experimentală de neocolit.

Astfel, în 1833, Frederic Kuhlmann face experiențele sale de sinteză a oxizilor de azot (și, deci, a acidului azotic) prin trecerea unui amestec de amoniac și aer printr-un tub încălzit la 308°C peste burete de platină. C. Friedel și M.J. Crafts realizează celebrele sinteze de hidrocarburi aromatice, folosind extraordinarele însușiri de activare prin contact ale clorurii de aluminiu.

Experiența pune curînd în evidență însușirile catalitice ale metalelor fin divizate: fier, nichel, cobalt, cupru. Oxizii metalici și amestecul de oxizi își dezvăluie însușirea de a determina creșterea vitezei de reacție a unor

substanțe (și deci, reducerea timpului) de la zeci de ani pentru cîteva molecule, la miliardimi de secundă.
Se descoperă, rînd pe rînd, substanțe care „otrăvesc" catalizatorii, substanțe și factori care pornesc o reacție (inițiatori), care măresc activitatea catalizatorului (promotori), le pune în evidență rolul pe care-l are modul de preparare al catalizatorului („preistoria" sa) pentru activitatea catalitică. Un întreg vocabular care exprimă plastic fenomenele catalitice își face loc în literatura chimică.
Aplicațiile experiențelor cu catalizatori deschid ramuri noi ale industriei chimice. Fiecare ramură industrială nouă își are istoria ei. Ca toate istoriile, plină de contradicții și, de aceea, dramatică. Un exemplu din multe: metoda tehnică de sinteză a amoniacului.

Azotul capturat

După încercările lui Kuhlmann, din 1839, Flick realizează sinteza amoniacului din azot și hidrogen, folosind drept catalizator platina. Flick brevetează invenția lui în 1876, dar ea nu dă rezultate practice. El nu cunoștea importanța presiunii în această reacție. Randamentul atins era cu totul necorespunzător pentru o largă aplicare industrială. În conformitate cu legile disociației termice și a echilibrelor de reacție, cantitatea de amoniac crește cu presiunea, iar viteza de reacție devine suficient de mare pentru un proces tehnic numai sub acțiunea unui catalizator potrivit.
Un procedeu industrial economic însemna rezolvarea acestor probleme: presiune suficientă pentru obținerea unui randament optim al reacției, dar în același timp o presiune la care să reziste materialele de construcție ale reactoarelor; temperatură corespunzătoare presiunii; catalizatorul cel mai activ, cel mai ieftin, cel mai rezistent la „otrăvire".
Aceste probleme se puneau mai ales în fața chimiștilor trustului I.G. Farben în preajma războiului imperialist de cotropire pe care-l pregătea Germania imperialistă după 1910. Cu medicamentele, coloranții și articolele fotografice, uzinele chimice cartelate ale Germaniei obțineau profituri uriașe, înghițeau rînd pe rînd noi întreprinderi și trusturi mai mici din alte țări capitaliste, dar se punea problema majoră a explozivilor. De aceea, uzinele cartelurilor germane au atacat problema cea mai grea în fața căreia se găsea Germania imperialistă: problema materiilor prime pentru explozivi. Producerea explozivilor depindea de azotați. Fără ei nu se pot fabrica explozivi comuni. Dar cel mai mare zăcămînt de azotați din lume se găsește în Chile. Dacă s-ar fi oprit vînzarea salpetrului de Chile către germani, tunurile produse de industria metalurgică germană ar fi devenit niște obiecte inofensive. Trebuia găsită o soluție. Uzinele cartelate pun la dispoziția cercetătorilor sumele necesare pentru experimentări. Este vorba despre experimentări în mare. Un model de reactor — apoi al doilea, și al treilea — sar în aer. Dar asta n-are importanță. Producția de amoniac trebuie pusă la punct.
Lucrările le conducea chimistul Fritz Haber. Ele însemnau, pur și simplu, folosirea aerului ca materie primă pentru explozivi; din alt punct de vedere

ele însemnau realizarea în mare a operației pe care o săvîrșește în rădăcinile leguminoaselor bacteria de azot, care „capturează" azot din aer pentru plante.
Haber lucrează zi și noapte la problema sintezei amoniacului. El cercetează însușirile catalitice ale osmiului, ruteniului, uraniului, ale fierului. Cu și fără adaosuri de oxid de aluminiu (Al_2O_3) și de potasiu (K_2O).
În 1913, procedeul este pus la punct. Presiune: 200 At; temperatură: 500°C; catalizator: secret. Probabil uraniul. În 1914, Uzina de la Oppau este gata pentru producție. Chimistul Fritz Haber primește, în timpul războiului, gradul de maior. Probabil ca răsplată pentru această treabă și pentru producerea gazelor toxice, pe care — primii în lume — le-au folosit imperialiștii germani.
În 1928, Germania producea 667 000 de tone de azotați sintetici pentru explozivi și pentru îngrășăminte agricole, pornind de la amoniacul sintetizat după procedeul Haber.
În anii în care Hitler pregătea, sub oblăduitoarele priviri ale Apusului imperialist, criminala agresiune împotriva Uniunii Sovietice, împotriva progresului și libertății, bătrînul chimist Haber este silit să se refugieze în Anglia. Savanții progresiști din Anglia îl fac să înțeleagă că și mîinile lui sînt mînjite de sîngele vărsat pentru profiturile trusturilor. Rutherford refuză să-i dea mîna.
În biografia lui Albert Einstein, Lvov povestește că foarte curînd după audierea unei conferințe a lui Einstein despre responsabilitatea omului de știință în lupta împotriva forțelor demente ale războaielor de cotropire, Fritz Haber s-a sinucis.

Sinteza organică și cataliza

Sinteza organică de laborator și industria organică de sinteză sînt, mai mult decît sintezele anorganice, legate de activitatea catalitică. Savanții francezi P. Sabatier și J.B. Senderens descoperă, între 1899 și 1905, acțiunea catalitică a nichelului fin divizat (la temperaturi peste 100°C) în reacțiile de hidrogenare a hidrocarburilor nesaturate. Pe această cale se obțin sintetic hidrocarburi saturate. Metoda s-a generalizat, devenind cel mai obișnuit mijloc de „hidrogenare".
Hidrogenarea catalitică se efectuează trimițînd substanțe în stare de vapori, împreună cu hidrogenul — în exces față de cantitatea necesară reacției — peste catalizatorul conținut într-un tub încălzit pînă la temperatura necesară (100—180°C după natura substanței supuse hidrogenării). Reacția este accelerată prin mărirea presiunii hidrogenului. Se folosesc, de aceea, autoclave speciale, încălzite, urmărindu-se consumul de hidrogen prin măsurarea continuă a presiunii lui în spațiul închis, în care se realizează reacția.
Modul de preparare a catalizatorului este esențial pentru activitatea lui. Suprafața lui trebuie să fie cît mai mare, așa cum este, de pildă, platina spongioasă. Microneregularitățile suprafeței au — după cum arată toate experiențele — un rol important. De aceea eforturile s-au îndreptat spre descoperirea unor procedee de fină divizare, de preparare a unor catalizatori cu suprafață mare și neregulată. Un procedeu ingenios de preparare

a unui catalizator de nichel este dizolvarea, prin fierbere în hidroxid de sodiu, a aluminiului dintr-un aliaj alcătuit dintr-o parte nichel și o parte aluminiu. Rămîne, astfel, nichelul nedizolvat, cu o suprafață foarte mare și cu foarte multe neregularități. Este așa-numitul nichel Ranay, utilizat în cele mai diverse operații de hidrogenare catalitică.

La sfîrșitul secolului al XIX-lea și începutul secolului nostru Serghei Alekseevici Fokin (1865—1917) își consacră întreaga activitate de cercetare fenomenului de hidrogenare catalitică. El descoperă procedeul de hidrogenare a combinațiilor nesaturate în fază lichidă și pune la punct primul procedeu tehnologic de hidrogenare a grăsimilor. Catalizatorul lui Fokin este platina fin divizată. Se folosește astăzi și paladiul și nichelul.

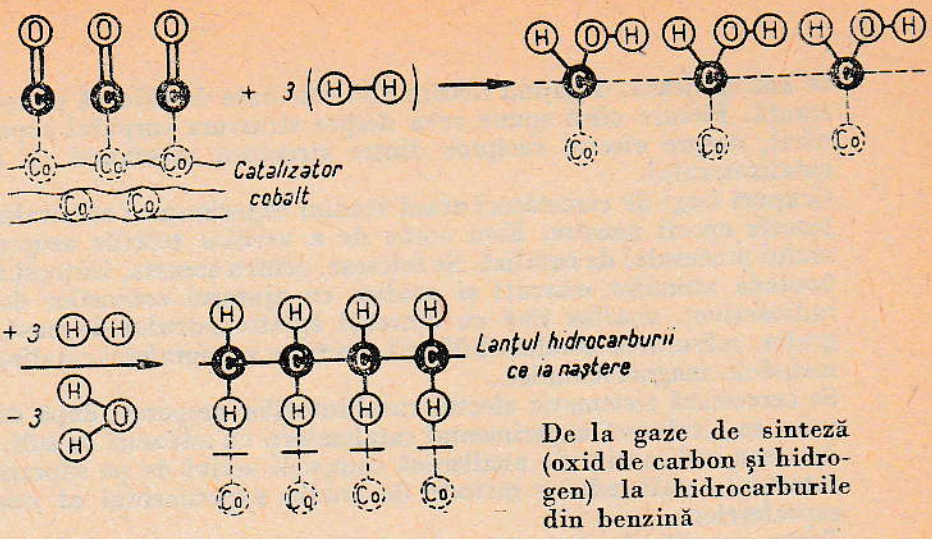
Trecînd hidrogen prin uleiuri lichide animale și vegetale (de ricin, de muștar, de bumbac, de arahide, de rapiță, de pește etc.) la cald, se obține din aceste grăsimi, care conțin gliceride[1] nesaturate, un material de consistența seului, cu punct de topire suficient de ridicat. Pe această cale se pot obține grăsimi comestibile, ca margarina.

Trecînd un amestec de hidrogen și oxid de carbon, la 250—300°, peste un catalizator de nichel se obține gazul bălților, hidrocarbura saturată: metan (CH_4).

Franz Fischer și H. Tropsch au pornit de aici în anul 1924 pentru a rezolva procedeul de preparare a benzinei sintetice, întrebuințînd ca materie primă un amestec de oxid de carbon și hidrogen (o parte oxid de carbon și două părți hidrogen), așa-numitul „gaz de sinteză" iar drept catalizator, cobaltul, mai puțin energic decît nichelul. Pe această cale, cei doi cercetători germani obțin un amestec de hidrocarburi: sintina sau benzina sintetică. Procesul — denumit sintin — se produce cu degajare de căldură. Principala dificultate în conducerea procesului este tocmai eliminarea căldurii, deoarece ridicarea temperaturii modifică reacția în sensul formării metanului. Dacă procesul este condus bine, eliminîndu-se căldura, se obține un amestec de hidrocarburi gazoase — propan și butan — 8—10%, cam 45% benzină ușoară, 30—35% benzină grea și cam 10% parafine solide.

Hidrogenarea catalitică a rezolvat și alte probleme practice. Astfel, de pildă, problema producerii combustibililor lichizi direct din cărbune. În uzine, cărbunele poate fi folosit în bulgări sau praf, drept combustibil de ars în focarele marilor instalații de ardere ale centralelor de forță. Motoarele cu explozie nu pot însă funcționa decît cu combustibil lichid. Țările lipsite de petrol și bogate în cărbune — de pildă Germania — și-au pus problema obținerii combustibilului lichid din cărbune. Hidrogenarea catalitică a dat răspunsul practic acestei probleme. Procesul poartă numele de hidrogenare distructivă. La 450—500°C, sub presiune de 200—300 At, o pastă de cărbune formată din pulbere de cărbune și ulei greu — obținut chiar ca produs al acestei metode de sinteză — este hidrogenată pe catalizatori de fier. Prin distilare se obțin: gaze, benzine, uleiuri ușoare și medii. Rămîne ca reziduu un ulei greu, din care se prepară pasta de cărbune. Procedeul este continuu. Uleiul mediu trece prin coloane umplute cu alți catalizatori (sulfură de molibden) și se preface și el în benzină.

[1] Esterii sînt combinații rezultate din neutralizarea unui acid organic cu un alcool. Gliceridele sînt esteri ai glicerinei (trialcool) cu acizi organici saturați (butiric, stearic, palmitic etc.) sau nesaturați (oleic, oleinic etc.).



De la gaze de sinteză (oxid de carbon și hidrogen) la hidrocarburile din benzină

Milioane de tone de combustibil lichid se prepară pe această cale din cărbune de pământ.
Amoniac, grăsimi comestibile, combustibil lichid din cărbune... toate acestea sînt numai cîteva exemple de industrie chimică bazată pe cataliză. Dar întreaga industrie de sinteză a maselor plastice, a uleiurilor, rășinilor și cauciucurilor din nisip (siliconii), a medicamentelor nu poate fi concepută fără catalizatori.

Cercetări actuale

În viața organismelor descoperim un șir neîntrerupt de fenomene catalitice. Practica experimentală și industrială de un veac a pus la dispoziția cercetătorilor un uriaș material. Deveneau necesare lucrări sistematice, îndreptate spre lămurirea mecanismului reacțiilor catalitice. Visul de a dirija reacțiile catalitice pe baza cunoașterii precise a însușirilor catalizatorilor, a condițiilor optime de lucru a acestora, a reacțiilor intermediare, visul de a conduce reacția chimică în marile reactoare exact pe linia urmărită a devenit o realitate apropiată. Dar aceasta înseamnă urmărirea proceselor ce se petrec în mediul de reacție (cataliză în soluție) sau pe suprafața catalizatorilor (cataliză eterogenă), pînă la milionime și miliardime de secundă. Înseamnă necesitatea de a cunoaște cum se desfac moleculele, cum se refac, în ce raport se găsesc moleculele reactante cu cele ale catalizatorilor, ce rol au aciditatea sau alcalinitatea soluției, temperatura, lumina, radiațiile radioactive. Înseamnă o complexă și multilaterală cercetare a fenomenului pentru care Berzelius găsise doar un nume: „cataliză".
Această cercetare se desfășoară în ultimele decenii și este opera comună a mii de chimiști din lumea întreagă.
În 1935, G.B. Kistiakovski determină într-un calorimetru căldura de reacție a hidrogenărilor catalitice. Valorile obținute pe calea aceasta sînt foarte exacte. Diferite hidrocarburi nesaturate, în aceleași condiții de hidrogenare,

se hidrogenează, degajînd fiecare altă cantitate de căldură pe mol[1] de substanță. Fiecare cifră spune ceva despre structura corpului supus hidrogenării, despre efectul reciproc dintre structura substanței, și activitatea catalizatorului.

Grupuri largi de cercetători atacă studiul experimental al catalizei cu mijloacele epocii noastre. Este vorba de a verifica teoriile asupra mecanismului procesului de cataliză. Se folosesc, pentru aceasta, izotopii radioactivi (metoda atomilor marcați și analiza cu ajutorul contorilor de particule radioactive), analiza fină cu ajutorul spectrometrului de masă, cromatografia, măsurarea conductibilității electrice a suprafeței catalizatorului și metodele magnetochimice.

Se cercetează sistematic efectul catalizatorilor preparați după diferite metode; se „otrăvesc" experimental catalizatorii cu adaosuri de sulf, de fosfor, de arsen radioactiv. Se analizează compușii activi de pe suprafața catalizatorului, realizîndu-se metoda de studiu experimental al microchimiei suprafețelor.

Toate reacțiile de sinteză catalitică se reproduc în laborator, în condiții strict controlate.

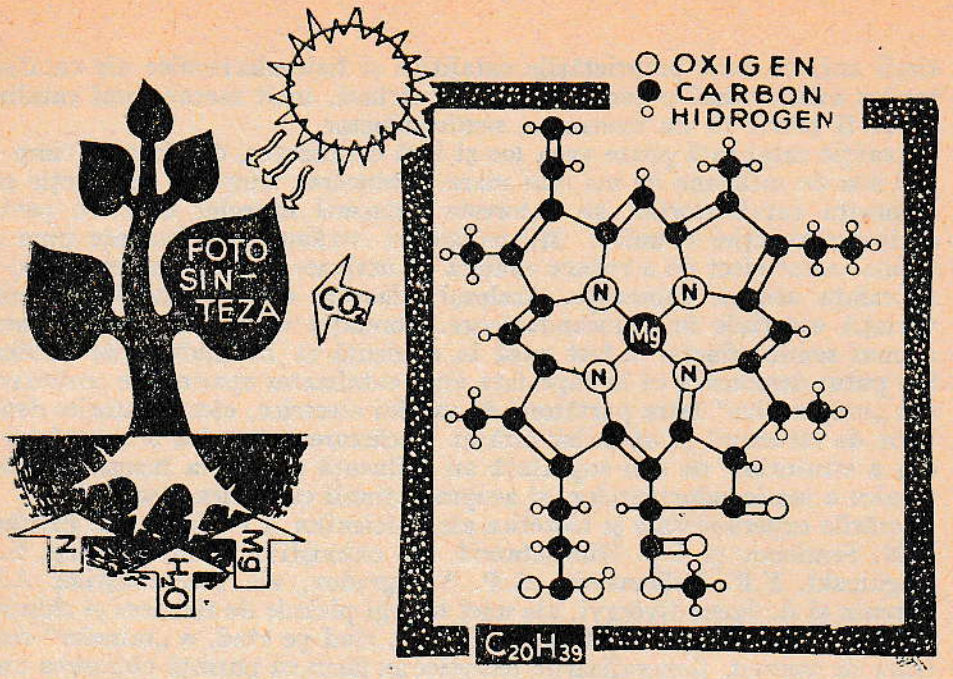
În 1935—1936, S.Z. Roghinski și colaboratorii folosesc fosforul și arsenul radioactiv pentru studiul proceselor catalizate de platină și paladiu. Pe baza lucrărilor lui L.V. Pisarjevski, S.Z. Roghinski, F.V. Wolkenstein, se stabilește în 1949—1950 o clasificare rațională a proceselor catalitice, a catalizatorilor și apoi a adaosurilor. Teoria „deformării chimice" și cea „electronică" a catalizei sînt supuse verificării experimentale.

În aprilie 1954 se ține la Moscova o consfătuire internațională pe tema „Fenomenele electronice în cataliză și absorbție". Doi ani mai tîrziu (martie-aprilie 1956), Academia de Științe a Uniunii Sovietice organizează o consfătuire unională pe tema „Folosirea izotopilor în cataliză". Tot în acest an se ține la Philadelphia un congres al fizico-chimiștilor în problema catalizei.

Savanții sovietici desfășoară lucrări experimentale de cataliză în lumina teoriilor actuale despre semiconductoare. Cu aceasta sîntem în plină actualitate.

În primele decade ale veacului nostru, electrochimiștii și fizicienii au obținut rezultate excepționale în studiul conductibilității electrice a corpurilor solide. S-au descoperit astfel proprietățile semiconductoare ale unei clase largi de substanțe anorganice (seleniu, germaniu, siliciu, oxizii metalelor) și organice. Semiconductoarele și-au făcut repede intrarea triumfală în tehnică. Aparate mecanice și electrochimice, tuburi electronice cu vid sau cu gaz au început să fie înlocuite cu semiconductoare, adevărate „construcții cristalo-chimice". Prepararea semiconductoarelor presupune o purificare aproape perfectă a substanțelor și o impurificare condiționată și localizată a lor cu microcantități de elemente din anumite grupe ale sistemului periodic al elementelor.

[1] Mol: cantitate de substanță egală cu greutatea moleculară în grame. Exemplu: un mol de benzen = 78,11 g benzen, deoarece 78,11 este greutatea moleculară a benzenului (molecula de benzen — C_6H_6 — este alcătuită din 6 atomi de carbon de greutate atomică 12,01 și 6 atomi de hidrogen de greutate atomică 1,008; în total greutatea (masa) moleculară a benzenului = $6 \times 12{,}01 + 6 \times 1{,}008 = 78{,}11$).



Sinteza clorofiliană. Formula clorofilei

Cerințele fizicii semiconductoarelor au impus căutarea unor metode chimice experimentale cu totul noi. În laboratoarele de producere a semiconductoarelor, fiecare particulă de pulbere din aer, fiecare germene bacterian poate însemna o cauză a eșecului. Pentru a determina gradul de puritate a substanțelor au devenit necesare mijloace excepționale de analiză. Fizica și chimia și-au adunat eforturile, îmbogățindu-și reciproc paleta metodicii experimentale. Pe de altă parte, teoriile fizicii au pătruns în chimie, aruncînd lumina lor asupra structurii substanțelor. Academicianul sovietic A.F. Joffe a pus bazele tratării teoretice a semiconductoarelor. S-au elaborat teorii noi bazate pe mecanica cuantică, privind legătura dintre atomi în cristale, s-au emis ipoteze cu privire la mecanismul intim de transmitere al energiei în interiorul metalelor, lichidelor, semiconductoarelor. Savantul sovietic I.I. Frenkel a emis ipoteza transmiterii energiei suplimentare, în rețelele cristaline, prin așa-numiții „excitoni". S-au studiat, în lumina celor mai noi teorii fizice, procesele de luminescență, de fluoro și fosforescență, transformările chimice datorite luminii și radiațiilor de diferite tipuri, s-a pus în evidență rolul neregularităților de pe suprafețele cristalelor, în mișcarea particulelor purtătoare de sarcini electrice. Producerea curenților electrici sub acțiunea luminii (efectul fotoelectric) a fost și el reexaminat în lumina teoriilor actuale ale fizicii. S-a constituit, în felul acesta, o amplă teorie a semiconductoarelor, prin care se explică fenomenele energetice care au loc în semiconductoare cu participarea electronilor liberi, a „golurilor de conductibilitate" și a „excitonilor".

Teoria semiconductoarelor a pus într-o lumină nouă o serie de fenomene chimice și, printre ele, cataliza. S-a putut dovedi, prin cercetările din ul-

timii ani, că între proprietățile catalitice și fizicoelectronice ale catalizatorilor solizi există o corelație atît de strînsă, încît mecanismul catalizei poate fi privit ca un mecanism semiconductor.
O reacție catalizată poate avea loc și fără catalizator, dar într-un timp de mii sau de milioane de ori mai mare. Reducerea timpului de reacție sub influența catalizatorilor se datorește reducerii energiei necesare pentru activarea reacției chimice. Microadaosuri străine la substanțe pure au tocmai acest efect de a reduce energia de activare a reacțiilor ce au loc în suprafața acestor substanțe. Aceleași adaosuri de impurități determină variații esențiale în semiconductoare. Corelația dintre cataliză și mecanismul semiconductor a fost pusă în evidență și în multe alte moduri. S-a putut demonstra că la suprafața unui catalizator apar efecte „colective" sau „cooperative" între purtătorii de sarcini electrice, efecte datorite defectelor de structură și atomilor străini. Încărcarea electrică a suprafeței și cea a straturilor de sub suprafață au influență și asupra însușirilor electronice a semiconductoarelor, și asupra acțiunii catalitice a solidelor.
Lucrările experimentale și teoretice ale fizicienilor A.F. Joffe, I.I. Frenkel, N.N. Semionov și C.J. Hinshelwood, ale chimiștilor Linus Pauling, S.Z. Roghinski, F.F. Volkenstein, A.P. Vinogradov, ale biochimiștilor A.N. Terenin și A. Szent-Györgyi, ale unei întregi pleiade de fizicieni și chimiști contemporani au contribuit la descifrarea, rînd pe rînd, a „tainelor" reacțiilor de contact. Generalizările teoretice au făcut cu putință obținerea unor sisteme de catalizatori, nu pe baze empirice, prin tatonări sau descoperiri întîmplătoare, ci pe baza previziunii științifice a proprietăților catalitice a unor ansambluri fizico-chimice. Fiecare din lucrările experimentale și teoretice, avînd ca obiect cataliza, lămurește, prin rezultatele ei, un aspect al acestui fenomen complex, prezent în mai toate reacțiile chimice.
Va fi, desigur, pînă la urmă, o problemă de cataliză realizarea sintezei zaharurilor din bioxid de carbon și apă, sub acțiunea luminii, proces ce se realizează în plante sub influența catalitică a clorofilei sau a altor pigmenți. Laboratorul și apoi uzina chimică vor realiza, în reactoare, minunatele reacții din frunza verde.
Cataliza nu mai este ocolită ca un „loc rău famat", ci, dimpotrivă, cercetată cu cele mai fine metode experimentale ale fizicii și chimiei moderne, și analizată în lumina celor mai subtile teorii despre structura substanțelor.

XXII. Proiectarea construcției moleculare

„...Un codru neumblat, plin de lucruri minunate, un desiș uriaș fără ieșire, fără capăt, în care nu îndrăznești să pătrunzi".

WÖHLER *despre chimia organică (1838)*

„Putem afirma cu certitudine că este posibil ca să se obțină pe cale sintetică orice substanță organică".

A.M. BUTLEROV *(1861)*

În timp ce Anglia devenea „atelierul lumii", economia Rusiei țariste feudale se dezvolta într-un ritm lent spre capitalism.

La sfîrșitul veacului al XVIII-lea, Rusia și Anglia produceau cam aceeași cantitate de fontă pe an: în jurul a 130 000 de tone. În prima jumătate a secolului al XIX-lea, în timp ce producția de fontă a Angliei a crescut de 30 de ori, a Rusiei a crescut doar de două ori. În uzinele metalurgice ale Uralului mai munceau, și după anul 1850, șerbi. Abia prin 1860, numărul salariaților liberi a devenit precumpănitor. În anii 1840—1850, manufacturile începură să lase loc fabricilor acționate cu abur. În 25 de ani, între 1835—1860, importul de mașini de forță și mașini-unelte a crescut de 25 de ori. Cu toate acestea Rusia țaristă era într-o mare întîrziere tehnică și economică față de țările din occidentul Europei.

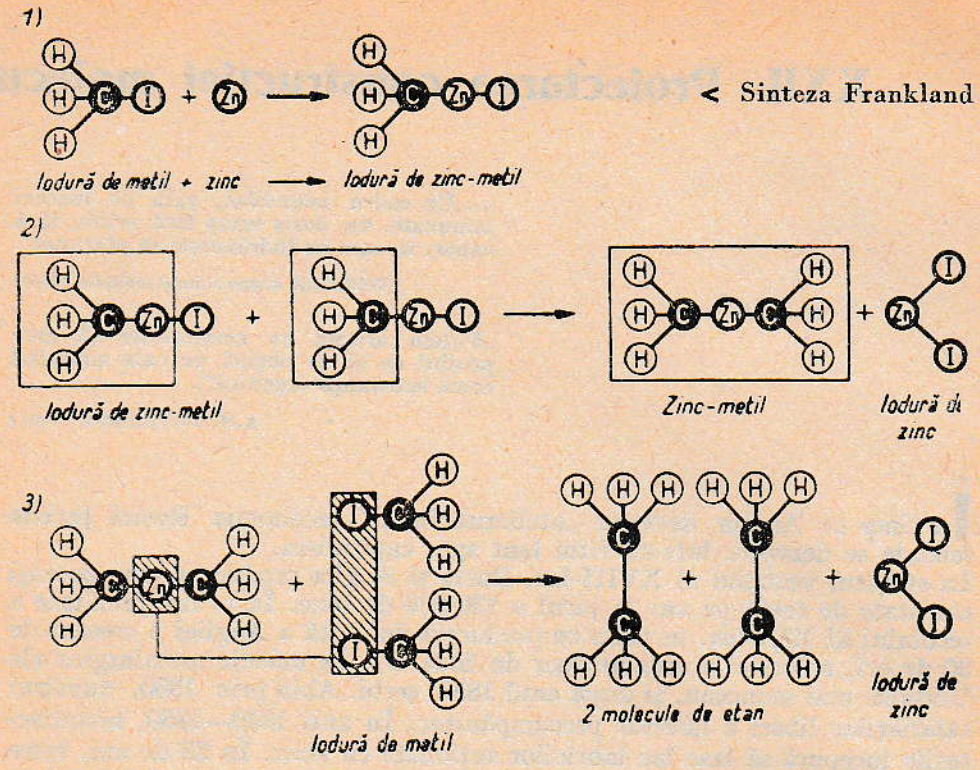
În 1861, ca urmare a luptei de clasă dintre țărănimea iobagă și moșieri, iobăgia a fost abolită. Cu toate vestigiile feudalismului, care frînau dezvoltarea economică a Rusiei, cu toate că țăranul era „liber" doar din punctul de vedere al dreptului civil, abolirea iobăgiei a reprezentat un punct de cotitură în dezvoltarea economiei țării. Rusia mergea lent, dar progresiv, — de la feudalism spre capitalism.

Deceniul 1860—1870 a însemnat nu numai o epocă de avînt a construcției de căi ferate, de creștere masivă a industriei textile, ci și începutul dezvoltării sistemului de învățămînt public în Rusia.

Dezvoltarea capitalismului în Rusia a determinat crearea unui mediu prielnic pentru asimilarea cunoștințelor și cercetarea științifică.

Pe fondul efervescenței revoluționare din țară, ideile filozofice înaintate ale lui A.I. Herțen (1812—1870), V.G. Bielinski (1811—1848), N.G. Cernîșevski (1828—1889), N.A. Dobroliubov (1836—1861), D.I. Pisarev (1840—1868) ș.a. au exercitat o influență profundă asupra intelectualității rusești. Se crea astfel o atmosferă prielnică pentru dezvoltarea unei gîndiri științifice materialiste, plină de îndrăzneală și originalitate.

În acest mediu s-au format creatori de școli și curente, ca I.M. Secenov, A.O. Kovalevski, K.A. Timireazev, I.I. Mecinikov. În acest mediu s-au format A.M. Butlerov și D.I. Mendeleev.



< Sinteza Frankland

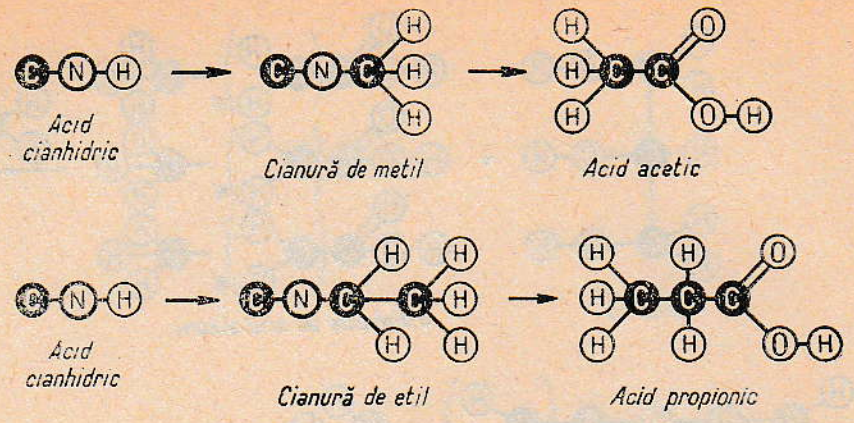
Fapte experimentale

Sinteza lui Wöhler era încă un fapt izolat. Interesant, dar insuficient de semnificativ, căci lumea chimiștilor nu putea încă să se gîndească la sinteza de laborator a substanțelor din natură ca la un fapt obișnuit. Chimia organică mai era, pînă după jumătatea secolului al XIX-lea, o disciplină analitică și descriptivă. Chimiștii aveau însă conștiința importanței studiului substanțelor organice.

Michel Chevreul, chimist francez, care avea să depășească o sută de ani de viață (1786—1889), fiind martorul nașterii chimiei organice și a tuturor „reacțiilor" și teoriilor care au prefăcut această disciplină în baza industriei chimice de sinteză organică, a lucrat peste 20 de ani (1811—1823) la scindarea grăsimilor naturale.

Se aduna un imens material analitic. Despre grăsimi și hidrocarburi, despre alcooli, despre derivații hidrocarburilor cu clorul, iodul, bromul, despre zaharuri, rășini și alcaloizi.

Sintezele amintite ale lui Kolbe, Dumas, Zinin transformaseră într-o realitate ideea posibilității sintezei corpurilor organice în laborator. Marii chimiști ai vremii își îndreptau eforturile spre sinteza organică. Ea devine, în primul deceniu al celei de-a doua jumătăți a secolului trecut, problema majoră a cercetării experimentale. Sinteza organică promitea să devină baza științifică și procedeul tehnic fundamental al industriei chimice orga-



Sinteza Kolbe

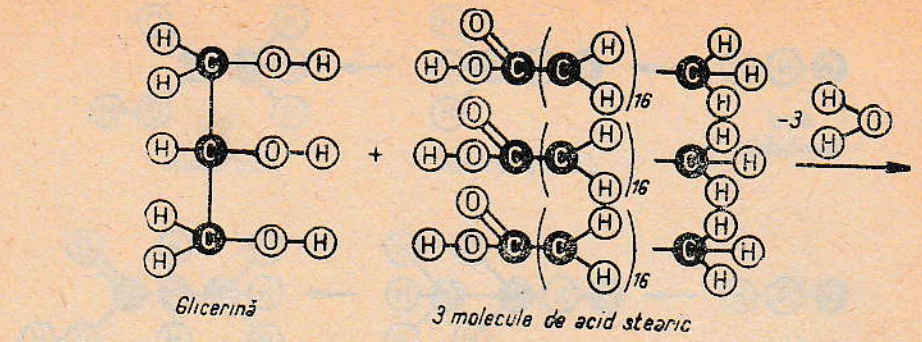
nice. Sinteza însemna dovada cunoașterii, sinteza devenea proba de foc a ipotezelor.

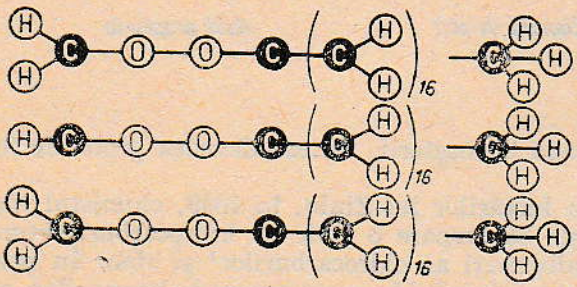
Cîțiva ani după publicarea lucrărilor lui Zinin, în 1849, chimistul englez Edward Frankland izbutește să prepare o serie de hidrocarburi saturate, pornind de la derivații halogenați ai hidrocarburilor[1] și zinc. În primul rînd, el obține, prin acțiunea zincului în exces asupra halogenurilor, niște compuși ai acestor halogenuri cu zinc. Prin distilarea lor se obțin compuși ai hidrocarburilor cu zinc și halogenură de zinc. Compușii cu zinc ai hidrocarburilor sînt substanțe organice cu metal; aceste corpuri au fost numite compuși organo-metalici. Toată istoria ulterioară a sintezei organice este legată de acești compuși organo-metalici, în care zincul poate fi înlocuit cu sodiu, potasiu, magneziu, mercur. Compușii organici cu zinc ai lui Frankland, încălziți împreună cu halogenurile hidrocarburilor, dau hidrocarburi. Reacția lui Frankland ducea de la derivați ai metanului (CH_4) la etan (C_2H_6), de la derivați ai etanului la butan (C_4H_{14}) și așa mai departe. Era, așadar, deschisă calea sintezei unor hidrocarburi superioare (cu număr mai mare de atomi de carbon) din hidrocarburi inferioare.

Importanța acestei sinteze era evidentă. Lucrările sînt reluate de francezul Adolphe Wurtz, autorul unui monumental dicționar chimic în mai multe volume și iscusit experimentator, care se ocupase în primii ani ai activității sale de combinațiile anorganice. În 1853, Wurtz înlocuiește zincul folosit de Frankland cu sodiu și ușurează, astfel, condițiile sintezelor de hidrocarburi superioare din cele inferioare. Reacția lui Frankland și Wurtz, reluată și îmbunătățită mai tîrziu de Rudolf Fittig și Blumhard Tollens (1863) devine un mijloc general de construcție sintetică a hidrocarburilor saturate cu lanț deschis (alcane) și a celor aromatice (derivați ai benzenului).

Hermann Kolbe, împreună cu același Edward Frankland, realizează încă în 1848 o altă sinteză interesantă, fierbînd cianură de metil cu potasă sau cu acid sulfuric. Obțineau, astfel, acidul acetic, care are doi atomi de carbon în moleculă (CH_3COOH) pornind de la acidul cianhidric (cu un singur atom de carbon). În același timp, Dumas, Malaguti și Leblanc sintetizează pe

[1] Compuși ai hidrocarburilor, în care unul sau mai mulți atomi de hidrogen sînt înlocuiți prin halogeni (fluor, clor, brom sau iod).





Tristearina. Sinteza Berthelot

aceeași cale, pornind de la cianură de etil în loc de cianură de metil, alcool acid propionic ($CH_3—CH_2—COOH$) cu 3 atomi de carbon în moleculă. Așadar se putea trece, pe cale sintetică, de la un membru al unei clase de corpi organici la unul superior.

Marcelin Berthelot cercetează în 1854 combinațiile glicerinei. El realizează sinteza glicerinei cu acidul stearic, obținînd trei compuși diferiți ai glicerinei: monostearina, distearina și tristearina. Glicerina se putea combina așadar cu o moleculă, cu două sau cu trei molecule de acid stearic. Cîteva luni după comunicarea lui Berthelot, Wurtz interpretează aceste sinteze susținînd că glicerina trebuie să fie „un alcool triatomic", adică un triol. Aceasta putea fi, într-adevăr, singura explicație a faptelor experimentale. Sinteza lui Berthelot era, de fapt, sinteza unor grăsimi.

Marcelin Berthelot (1827—1907) era un om de o vastă cultură, unul dintre ultimii enciclopediști francezi. Era un adversar hotărît al teoriei atomiste[1], dar în același timp adversar al teoriei vitaliste. Era convins că sinteza oricărui corp organic este posibilă, și s-a angajat pe drumul sintezelor, urmărind să găsească, pînă la urmă, mijlocul de a sintetiza corpi organici pornind direct de la elemente.

În 1857, Berthelot izbutește să obțină din gazul bălților (metanul) un derivat halogenat (clor-metanul: CH_3Cl) și prin încălzirea acestui derivat cu soluție de potasă caustică (KOH), alcool metilic. Era un nou moment în evoluția sintezei organice. Era trecerea de la o hidrocarbură la un alcool. De altfel,

[1] Considera teoria atomistă drept un sistem ingenios, dar contestabil. A împiedicat introducerea teoriei atomiste în învățămîntul mediu francez pînă în 1893, cînd teoria era considerată clasică și predată în școlile medii din alte țări.

Marcelin Berthelot

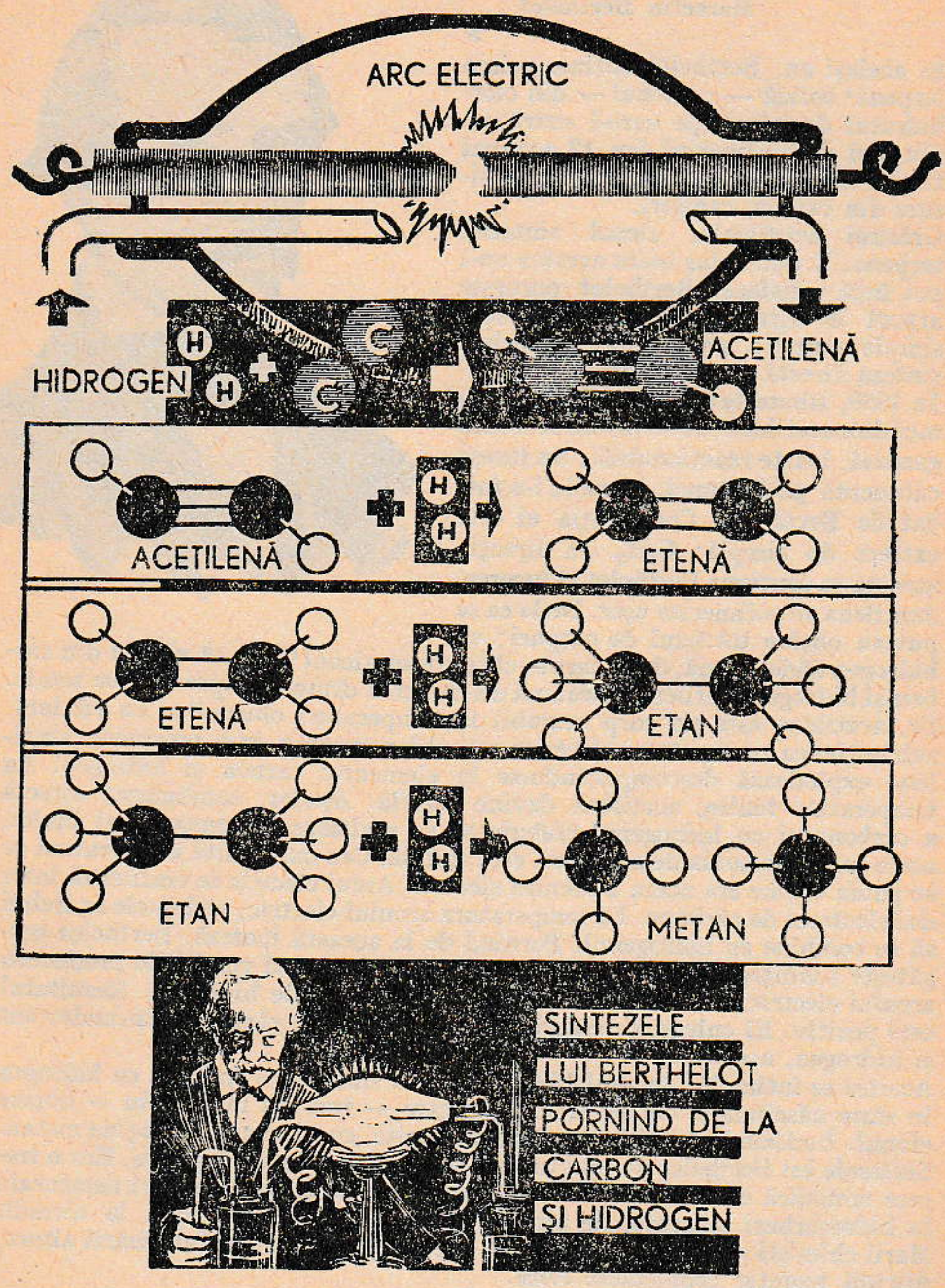
în același an, Berthelot obținea prima terpenă[1] solidă — canfenul — din clorhidratul de pinen pe care-l extrăsese din ulei de terebentină (cu 12 ani mai tîrziu, Berthelot va izbuti să sintetizeze din canfen, camfor).

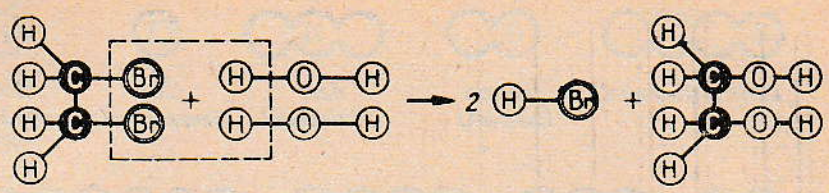
Grăsimi artificiale, alcool sintetic, terpene. E mult, dar toate acestea nu-l pot încă satisface. Berthelot pornește atacul în direcția unor corpuri mai simple pentru a izbuti lucrul esențial: sinteza directă din elemente.

În 1859, izbutește să obțină din carburi metalice acetilena. Această hidrocarbură gazoasă, foarte reacționabilă, nu fusese cunoscută pînă atunci. Numele i-a fost dat de Berthelot. Compoziția ei este extrem de simplă: C_2H_2. În direcția aceasta va continua Berthelot să încerce. Acetilena se polimeriza ușor. De la ea se puteau obține tot felul de corpuri; cu hidrogen dădea etenă, de la care se obține ușor alcool etilic. A obține din carbon și hidrogen acetilenă înseamnă deschiderea drumului spre sinteze totale. Or, acetilena este un corp nestabil la temperaturi obișnuite. La căldură, sub acțiunea unei scîntei electrice sau chiar spontan (sub presiune), acetilena explodează descompunîndu-se în elemente: carbon și hidrogen. La temperaturi înalte, acetilena devine stabilă. Așadar, combinarea directă a carbonului cu hidrogenul trebuia să se realizeze la temperaturi înalte, acolo unde molecula de acetilenă este stabilă. Cea mai înaltă temperatură ce se putea obține era aceea a arcului electric. Arcul electric se realizează între doi electrozi de cărbune. La temperatura arcului electric, cărbunele ar trebui să se combine cu hidrogenul. Pornind de la această ipoteză, Berthelot pregătește condițiile unei experiențe decisive. El creează condițiile producerii arcului electric într-un spațiu închis, în atmosferă de hidrogen. Rezultatul este pozitiv. El culege, ca rezultat al reacției dintre cărbunele incandescent și hidrogen, acetilena.

Acestea se întîmplau în anul 1863. Acetilena sintetică o tratează cu hidrogen în stare născîndă și obține etena, din care — trei ani mai tîrziu — obține etanul. Încălzind etanul la temperaturi înalte, cu hidrogen, el obține metan. Sintezele lui Berthelot nu mai puteau fi privite ca fapte singulare. Era o trecere metodică de la elemente la hidrocarburi, de la hidrocarburi nesaturate la hidrocarburi saturate, de aici la derivați halogenați, apoi la alcooli. Marii chimiști sintetizează corpi noi, prevăd posibilitatea sintetizării altora, discută teoretic problemele ivite.

[1] Terpenele sînt hidrocarburi ciclice de formulă generală $(C_5H_8)n$, constituenți principali ai uleiurilor esențiale, uleiuri plăcut mirositoare, obținute prin distilarea cu vapori sau prin extracție cu grăsimi din flori și frunze.


ARC ELECTRIC
HIDROGEN
ACETILENĂ
ACETILENĂ
ETENĂ
ETENĂ
ETAN
ETAN
METAN
SINTEZELE
LUI BERTHELOT
PORNIND DE LA
CARBON
ȘI HIDROGEN



Reacția de obținere a glicolului

În anul 1858, August Kékulé[1] transformă acidul monocloracetic, prin fierberea prelungită a soluției lui apoase cu acid clorhidric, în acid glicolic (acid oxiacetic, alcool și acid în același timp). De la acest acid se putea trece la acid oxalic. Era realizată trecerea de la un acid monobazic la unul bibazic. Hermann Kolbe prevede, în 1858, existența unor alcooli secundari[2] și terțiari[3], pe lîngă alcoolii obișnuiți pe care-i numește primari. Cu un an înainte, Adolphe Wurtz prevăzuse că între alcoolul etilic („monoatomic" după expresia timpului) și glicerină trebuie să existe un alcool „biatomic". Wurtz aduce dovada experimentală a ipotezei sale, în același an — 1858 — obținînd din bromură de etilen, glicolul, primul alcool „biatomic".

Se putea, așadar, prevedea existența unor corpi necunoscuți, iar experiența confirma previziunea. Faptele experimentale se adunau, impuneau analogii, inspirau idei generale. Se impunea elaborarea unei teorii cuprinzătoare, corespunzătoare tuturor acestor fapte și capabilă să îndrume și să lumineze cercetările. Chimiștii vremii discutau, elaborau ipoteze despre legăturile chimice, despre „natura" combinațiilor organice.

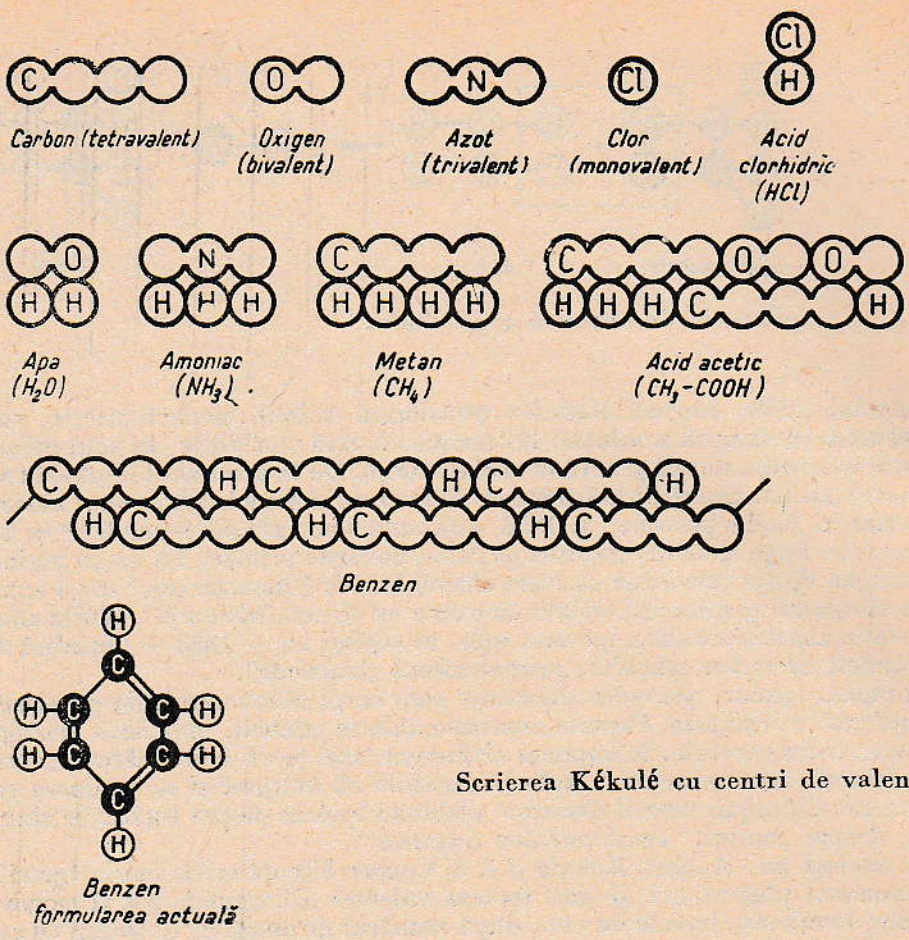
În același an, August Kékulé și A.S. Couper discută critic teoria tipurilor dominantă pînă atunci, și emit ipoteza valenței. Elementele pot fi monovalente, bivalente, trivalente etc., după numărul de atomi de hidrogen cu care se pot combina. Atomul de carbon este tetravalent, el putîndu-se combina cu patru atomi de hidrogen, ca în metan. Pe această bază se începe scrierea formulelor într-un fel nou.

În a cincea ediție — din 1867 — a cărții „Scurt tratat de chimie organică" al lui Adolf Strecker, profesor la Tübingen, formulele bazate pe teoria valenței sînt mult mai sugestive. Centri de valență („puncte de atracție chimică"), legături de valență, cerculețe reprezentînd atomi de hidrogen monovalent, cerculețe multiple întretăiate pentru atom polivalent, toate acestea descriau saturarea și nesaturarea, legăturile simple, duble și triple între atomii de carbon, a căror realitate era demonstrată prin analiza elementară.

[1] August Kékulé (1829—1896), chimist german născut la Darmstadt. Începînd din anul 1865 a fost profesor de chimie la Universitatea din Bonn.

[2] Alcooli în molecula cărora grupa —OH este legată de grupa —CH („De exemplu alcool izopropilic: $CH_3-CH(OH)-CH_3$).

[3] Alcooli la care grupa —OH este legată de un atom de carbon fără H (de exemplu alcool butilic terțiar: $CH_3-C(CH_3)_2-OH$).



Scrierea **Kékulé** cu centri de valență

Dar toate acestea nu erau suficiente. Se ridica problema modului în care sînt legați în moleculă atomii.

În această conjunctură, cînd sinteza chimică își dibuia cărările, iar teoria încerca să dea reprezentări, dacă nu explicații, apare pe scena chimiei europene un elev al lui Zinin: A.M. Butlerov.

Descoperitorul structurii chimice: A. M. Butlerov (1828-1886)

Butlerov s-a născut în anul în care Wőhler sintetizează ureea, în orașul Cistopole din gubernia Kazan. Din primele clase de gimnaziu, se simte atras de științele naturii. Pe masa de lucru din camera lui de elev își fac loc, alături de colecții de flori, pietre și insecte, alături de cărți de știință în limba maternă și în limbile franceză și germană, retorte și pahare, săruri și reactivi. La vîrsta de 16 ani, studentul în științe naturale al Universității din Kazan, Butlerov Aleksandr, cunoștea alfabetul experiențelor chimice. Este remarcat

de K.K. Klaus și de N.N. Zinin, care-l ajută să-și organizeze acasă un adevărat laborator înzestrat cu aparate de distilare, cu sublimatoare, balanțe și lămpi de spirt, cristalizoare și recipienți, baloane de sinteză și termometre. În acest laborator, Butlerov reproduce celebrele operații de separare din plante a unor compuși chimici nou descoperiți. Extrage cofeină, prepară izatină și aloxantină. Klaus este entuziasmat de elevul său, iar Zinin, presimțind în acest tînăr pasionat al retortelor pe cercetător, îl inițiază în metodica sintezelor. Butlerov reface sintezele lui Zinin. Prepară azobenzen, azoxibenzen, benzidam. Reproduce astfel, pas cu pas, drumul urmat de maestrul său. Prepară, în afară de aceasta, corpi complexi ca acidul galic. Cînd termină anii de învățămînt universitar, în 1849, la vîrsta de 21 de ani, Butlerov este un experimentator format.

Klaus propune rectoratului Universității din Kazan reținerea lui Butlerov ca asistent, în vederea pregătirii lui pentru catedra de chimie. Începînd din 1850, Butlerov e însărcinat cu predarea unor lecții de fizică și geografie fizică pentru studenții în medicină, apoi cu predarea chimiei anorganice pentru naturaliști și matematicieni. În 1851, este numit profesor adjunct de chimie. Un an mai tîrziu, Butlerov comunică prima sa lucrare științifică experimentală: „Despre acțiunea acidului osmic asupra combinațiilor organice", iar în 1854 își susține teza de doctorat cu subiectul: „Despre esterii acizilor grași", temă cu care se ocupa în același an Berthelot.

Este ales profesor extraordinar în 1854, la vîrsta de 26 de ani.

Pe atunci apăruseră lucrările de sinteză ale lui Laurent *(Metoda chimiei)* și Gerhardt *(Tratat de chimie organică)*. Zinin îi recomandă lui Butlerov predarea chimiei după sistemul lui Gerhard. Acest sistem se baza pe teoria tipurilor, acea teorie care — în opoziție cu teoria electrochimică dualistă a lui Berzelius — considera că moleculele tuturor substanțelor se pot reduce la cîteva tipuri esențiale: tipul apei, al amoniacului, al hidrogenului, al acidului fluorhidric. Tratarea chimiei organice în lumina teoriei tipurilor era atunci o noutate. Prefața la ediția a doua a cărții pomenite a lui Adolf Strecker din octombrie 1856 exprima trecerea la noul mod de expunere: „Ca o schimbare esențială trebuie să subliniez introducerea noii teorii despre constituția combinațiilor organice, în special a acizilor, a alcoolilor și amidelor, teorie pe care i-o datorăm, în special, lui Gerhardt (care, din nefericire, a fost prea de timpuriu smuls științei)"[1].

Așadar, Butlerov se găsea din primii săi ani de cercetare în plină problematică teoretică a vremii.

Butlerov a rămas profesor la Kazan pînă la sfîrșitul anului 1868. În 1869 s-a transferat la Universitatea din Petersburg, unde a condus catedra de chimie organică și a organizat un laborator destinat lucrărilor practice ale studenților. Mijloacele materiale care i-au fost puse la dispoziție erau cu totul insuficiente. În laboratorul nou creat abia puteau lucra 12 oameni în același timp; dar chiar în aceste condiții, Butlerov a știut să antreneze tinerele talente pe făgașul cercetării. Lucrările originale efectuate în acest laborator au fost publicate în „Jurnalul Societății ruse de chimie", fundat în 1869. În anul 1870, i s-a acordat lui Butlerov titlul de academician adjunct, iar în 1874 titlul de membru al Academiei de științe ruse. Pînă la moartea sa

[1] Victor Regnault și Adolf Strecker. *Scurt manual de chimie*, vol. II, ed. a V-a, Brauschweig p. VII.

Aleksandr Mihailovici Butlerov

<

(5 august 1886) Butlerov a desfășurat o prodigioasă activitate de cercetător și profesor, fiind cooptat membru de onoare al universităților din Kazan, Kiev și Moscova, al Academiei militare de medicină, al multor societăți științifice ruse și străine.

Ca și Berzelius, Butlerov a cunoscut onoruri și titluri oficiale de recunoaștere a meritelor științifice. Ca și Berzelius, Butlerov a rămas toată viața un pasionat al cercetării experimentale și teoretice. Ca și chimistul suedez, el a fost prezent la toate marile dispute științifice ale epocii în domeniul chimiei. Butlerov și-a legat numele de o teorie, pe care un veac de progres științific n-a învechit-o, ci dimpotrivă, a confirmat-o, a îmbogățit-o și a adîncit-o: teoria structurii.

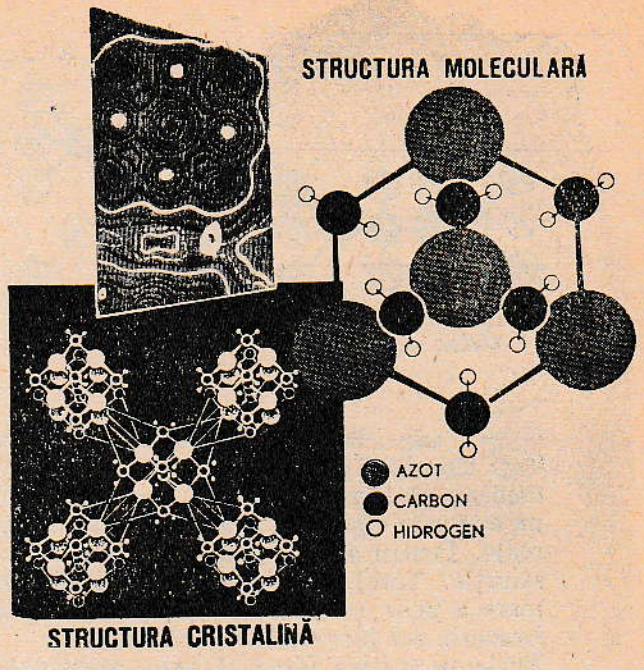
El a ajuns la elaborarea teoriei structurii pornind de la practica experimentală: o serie de sinteze strălucite, care dovedesc efectul împletirii unei uriașe culturi enciclopedice cu cea mai strictă informare de specialitate și cu o măiestrie experimentală, pe care numai decenii de muncă perseverentă, sub îndrumările unor personalități ca Zinin și Klaus, o puteau dezvolta.

Butlerov a luptat pentru susținerea teoriei sale, folosind ca argument esențial practica experimentală: sinteze de substanțe prevăzute de noua teorie. Butlerov cunoștea foarte bine limbile europene. El a făcut călătorii de studii în străinătate, lucrînd în laboratoarele celor mai renumiți chimiști ai vremii. A discutat cu Wurtz, cu Kolbe, Kékulé, Bunsen, Erlenmeyer. În laboratorul lui Wurtz, el realizează o primă sinteză organică: iodura de metilen (CH_2I_2). Era prima sinteză din seria strălucită a sintezelor lui Butlerov.

Acționînd cu metalele asupra acestei combinații, obține etilenă și o serie de alte hidrocarburi nesaturate, conținînd în moleculă un număr de atomi de hidrogen de două ori mai mare decît numărul de atomi de carbon.

În 1859, Butlerov realizează polimerizarea spontană a aldehidei formice — gaz cu miros înțepător, care se prepară dintr-un amestec de vapori de alcool metilic și aer trecut peste o spirală de cupru încălzită la roșu — obținînd o pulbere albă, pe care o numește trioximetilen. El consideră că această substanță este o triplă moleculă de aldehidă formică ($(CH_2O)_3$[1]. Pulberea albă pe care o obținuse a fost numită, mai tîrziu, paraformaldehidă. Butlerov o tratează cu amoniac, pentru a controla dacă se obține astfel aldehidă-amoniac, așa cum era de așteptat. Or, substanța pe care o sintetizează cu acest prilej

[1] Ulterior s-a demonstrat că se obțin pe această cale și prin această metodă — după condițiile polimerizării — diferiți polimeri, dintre care unul, cu punct de topire 63 ... 64°C corespunde formulei date de Butlerov.



Structura moleculară, roentgenograma și structura cristalină a urotropinei (hexametilentetramină)

>

este un corp complex, care răspunde formulei $(CH_2)_6N_4$. De 6 ori radicalul metilen (= CH_2) și de 4 ori azot. Îi dă numele foarte potrivit de hexametilentetramină[1].

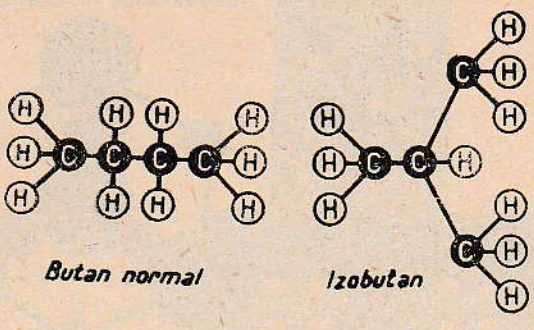
Pornit pe calea sintezelor organice, Butlerov simte nevoia unei clarificări radicale a concepției despre substanțele organice. Pentru a conduce rațional sintezele, se impunea înțelegerea constituției moleculare. Ce clădim? Aceasta era problema. În anul în care a sintetizat trioximetilenă și hexametiltetramină, Butlerov discută teoria valenței a lui Kékulé și Couper. Sînt 102 ani de atunci. Butlerov folosește pentru prima oară în istoria chimiei expresia „structură chimică".

În tratatul de *Istorie a științelor naturii și tehnicii*, apărut la Berlin în 1908 într-o a doua ediție, fiind elaborat de un colectiv larg de profesori universitari germani, în redactarea lui Ludwig Darmstaedter, cu colaborarea profesorului Dubois Reymond, se consemnează la anul 1859: „Alexandr Butlerov folosește pentru întîia oară, într-o discuție asupra teoriei Couper-Kékulé, expresia «structură chimică», pe care o concepe ca mod al legăturilor reciproce dintre atomi într-o moleculă".

Era un prim răspuns la problemele care-i frămîntau pe chimiștii epocii; era prima expresie a unei teorii cu cea mai lungă viață în istoria chimiei moderne.

Continuîndu-și activitatea experimentală, lucrînd mai departe cu paraformaldehida (trioximetilenul), obținută din aldehidă formică și amoniac, Butlerov izbutește să sintetizeze prima substanță din clasa zaharurilor. El o numește: metilenit. Era, după sinteza grăsimilor, a lui Berthelot, o nouă victorie a chimiei organice. Teoria vitalistă nu mai avea susținători. Dacă se pot obține grăsimi și zaharuri, substanțe tipice pentru viața animală și vegetală, atunci nu mai rămîne vreo îndoială în privința posibilității de a sintetiza și orice alte substanțe produse în cursul proceselor vitale. Cu prepararea acestui prim zahăr sintetic, Butlerov consideră încheiată prima parte a cercetărilor sale. El se apleacă asupra problemei elaborării teoriei.

[1] Sub numele de urotropină, această substanță se folosește ca medicament. Presată, ea este un combustibil solid, care arde fără fum, purtînd numele comercial de „spirt solid". Se utilizează în cantități masive la fabricarea maselor plastice cunoscute sub numele de rășini fenol-formaldehidice.



La 19 septembrie 1861, la un congres al medicilor și naturaliștilor ținut în orașul Speyer, în Germania, Butlerov susține referatul său intitulat: *Despre structura chimică a corpurilor*. Totul era nou în acest referat: concepția, argumentarea, terminologia. Butlerov ataca aici esența problematicii chimiei organice. El se baza pe sintezele efectuate în ultimii ani și pe propriile sale lucrări experimentale.

Toți chimiștii pînă la Butlerov — și ca reprezentant al lor, Gerhardt — credeau că formulele nu au decît cel mult valoarea unor convenții. Ele nu ar putea exprima legăturile reale dintre atomii reali ai unei molecule reale. Pentru același corp, ar putea fi valabile mai mult formule de constituție. Totul, în fond, ar fi un sistem organizat, prescurtat de exprimare a unor proprietăți. Și, pe deasupra, un sistem imperfect, deoarece izomeria era inexprimabilă.

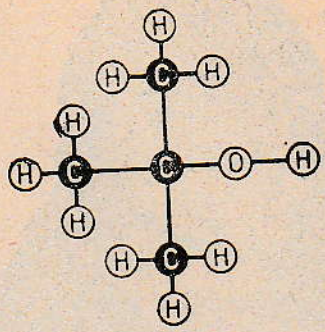
Butlerov susține ideea că prin „structură chimică" trebuie să înțelegem distribuția reală a atomilor, legătura și influența reciprocă dintre atomii constituenți ai moleculelor. El demonstrează că formulele raționale, adică acele formule care țin seama de modul în care sînt legați unii de alții atomii într-o moleculă, pot exprima alcătuirea reală a moleculelor și, o dată cu asta, pot exprima și proprietățile corpurilor.

În lumina teoriei lui Butlerov, enigma în fața căreia se găsiseră odinioară Wöhler și Liebig (două substanțe cu proprietăți diferite corespunzînd aceleiași formule) se explică simplu: prin distribuția și legăturile diferite ale atomilor care constituie molecula fiecăreia din cele două substanțe.

A.M. Butlerov a creat aceste formule structurale, aceste formule care țin seama de legăturile diferite ale atomilor din molecule.

Descoperind izobutanul, a cărui formulă brută era C_4H_{10} și ale cărui proprietăți erau deosebite de cele ale substanței cunoscute sub numele de butan normal, dar care avea aceeași formulă brută, Butlerov atribuie celor doi izomeri două formule de structură deosebite, care se pot scrie ca mai sus. După cum se vede, în ambele formule se află același număr de atomi de carbon și hidrogen. Dar în prima formulă (butanul normal) lanțul de carbon este drept, în a doua este ramificat. În formula a doua avem un carbon legat de alți trei atomi de carbon, și de un singur atom de hidrogen. Această deosebire de structură exprimă deosebirile de însușiri între cele două substanțe.

Ideea de bază a teoriei lui Butlerov se poate exprima cam în felul următor: din aceeași cantitate de material de același fel, se pot realiza cele mai diferite construcții; din aceeași cantitate de mortar, din același număr de cărămizi, din aceeași sticlă, din același lemn și din același fier, se pot construi clădirile cele mai variate. La fel, din aceiași atomi, așezați însă în mod diferit, pot lua naștere cele mai deosebite substanțe. Așadar, însușirile corpurilor nu depind numai de numărul și felul atomilor din care este compus



corpul, ci și de așezarea lor unul față de altul, de influența pe care un atom o are, prin așezarea sa, asupra celorlalți atomi din moleculă, într-un cuvînt de construcția interioară a moleculei, de structura ei. Dacă este așa, rămîne să se stabilească modurile în care atomii se pot așeza unii față de alții în molecule, pentru a putea stabili dinainte cîte substanțe diferite pot lua naștere prin combinarea acelorași atomi.

Butlerov folosește, pentru adîncirea teoriei sale, conceptul de valență elaborat în anii aceia de Kékulé[1] și Couper[2]. Se știa că atomii nu se combină între ei în orice număr. Un atom de oxigen nu se poate combina decît cu doi atomi de hidrogen. Un atom de clor se combină cu un singur atom de hidrogen, unul de carbon cu patru atomi de hidrogen. Numărul de atomi de hidrogen cu care se poate combina un atom dintr-un oarecare element se numește valența acestui element. Valența oxigenului este 2, a azotului 3, a carbonului 4. Doi atomi de carbon se pot uni prin 1, 2 sau 3 valențe. Astfel se nasc substanțele organice nesaturate.

Un atom de hidrogen poate fi înlocuit cu un grup de atomi, care în ansamblu este monovalent (de exemplu: $-CH_3$ sau: $-CH_2-CH_3$) și astfel se nasc clasele omoloage cu număr crescător de atomi de carbon.

Teoria structurii dădea o explicație unitară fenomenelor de substituție, grupa corpii organici în clase cu proprietăți asemănătoare, deschidea calea înțelegerii influenței reciproce a atomilor între ei, inclusiv a celor legați indirect. Butlerov nu era mulțumit de felul cum fusese primită teoria sa. El ia asupră-și sarcina de a aduce dovada definitivă a adevărului ei. Și aduce această dovadă.

Dacă teoria structurii era adevărată, atunci trebuia să poată exista un alcool a cărui moleculă să aibă următoarea structură: și care avea să se deosebească de alcoolii cu aceleași formule, dar cu altă structură (de pildă, alcoolul butilic: $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$).

Dar acest alcool nu exista în natură. Convins de justețea teoriei structurii, Butlerov proiectează, ca un inginer care pornește o construcție, sinteza acestui alcool terțiar. Și el obține trimetilmetanolul, cum se numește în vocabularul chimic alcoolul de mai sus.

Aceasta a fost proba de foc a teoriei structurii.

Teoria lui Butlerov nu se mărginea la explicarea acelor reacții simple la care se referea teoria tipurilor. Orice substanță, oricît de complexă, putea fi

[1] Deși a emis o serie de idei juste cu privire la legăturile dintre atomi și s-a apropiat mult de teoria structurii, Kékulé n-a rămas consecvent cu el însuși, nici după 1861. Mai găsim în tratatul său publicat în 1863 formulele scrise în conformitate cu teoria tipurilor. Kékulé nu atribuia formulelor sale (chiar celor elaborate pe baza teoriei valenței) valoarea unor reprezentări de structură, ci semnificația de reprezentări grafice. Pentru a exprima transformările posibile ale acidului acetic, Kékulé propune, pentru această unică substanță, 8 formule deosebite.

[2] Și Couper se apropia de ideea formulelor de structură, dar nu pe baze teoretico-experimentale, ci pe baza interpretării formale a noțiunii de valență.

Vladimir Vasilievici Markovnikov

<

exprimată printr-o formulă rațională, pe baza teoriei structurii.

Butlerov era în măsură să spună cu toată siguranța geniului său: „putem afirma cu certitudine că este posibil să se obțină — pe cale sintetică — orice substanță organică".

Experiența, confirmată prin zeci de sinteze ale altor chimiști, impunea teoria structurii.

În prefața la a cincea ediție (1867) a tratatului de chimie organică al lui Strecker, autorul arată că teoria tipurilor nu mai satisface necesitățile expunerii raționale a materialului. Trecerea către înțelegerea structurală a chimiei organice era un fapt împlinit în evoluția chimiei.

Butlerov modifica întreaga concepție anterioară asupra moleculei, considerată multă vreme ca o formație imobilă: „... noi nu privim o combinație chimică drept un lucru mort, imobil; dimpotrivă, noi admitem că ea este dotată cu o permanentă mișcare proprie celor mai mici particule, care prin relațiile lor reciproce sînt obiectul unor schimbări permanente, ce se însumează dînd un anumit rezultat mediu constant"[1].

Teoria structurii a fost completată de o serie de alte lucrări ale chimiștilor din lumea întreagă.

În anul 1865, August Kékulé propune pentru benzen o formulă hexagonală, care a devenit nucleul formulelor tuturor corpurilor cunoscute sub numele de substanțe aromatice.

Vladimir Vasilievici Markovnikov (1838—1904), elev al lui Butlerov, a tratat în continuare „Problema influenței reciproce dintre atomi în compușii chimici", arătînd „regulile de comportare" ale atomilor vecini și acțiunea reciprocă dintre atomi în cursul reacțiilor chimice. Au urmat completările lui Zaițev, Wagner, Tișcenko.

Chimia organică nu mai era „un desiș uriaș fără ieșire, fără capăt, în care nu îndrăznești să pătrunzi". Exista un fir călăuzitor, ca legendarul fir al Ariadnei, prin labirintul combinațiilor organice. Valabilă și astăzi, teoria structurii s-a îmbogățit neîncetat, dar n-a fost dezmințită.

Ea s-a îmbogățit chiar pe linia prevăzută de Butlerov. „Dacă atomii există în realitate, nu văd de ce trebuie să fie zadarnice toate încercările de a

[1] A. M. Butlerov, *Lucrări alese de chimie organică*, Editura Academiei de Științe a U.R.S.S., 1951, p. 412.

determina așezarea lor spațială, după cum crede Kolbe[1], de ce viitorul nu ne va putea învăța să facem asemenea determinări"?[2].
Stereoizomeria, izomeria datorită așezării spațiale diferite, datorită configurației moleculei, a fost pusă în evidență după Butlerov prin ipoteza carbonului tetraedric (pe baza căreia se explicau fenomenele cercetate de Pasteur). O dată elaborată teoria structurii, a devenit posibilă și în sfera chimiei organice, acea ofensivă sistematică asupra domeniilor încă necucerite, de care vorbește Engels.
De o sută de ani, teoria structurii luminează cîmpul cercetării în chimia organică.
După consolidarea teoriei structurii, a urmat epoca marilor sinteze organice. Cauciuc, vitamine, hormoni, antibiotice, mase plastice, siliconi... sînt doar cîteva momente ale acestei epoci, în care ne găsim, în continuare, și ale cărei posibilități nu sînt nici pe departe epuizate.
Sinteza organică este în marș.

[1] Hermann Kolbe (1818—1884), strălucit experimentator, era însă empirist pînă în măduva oaselor, dușman declarat al oricărei generalizări teoretice. De pe pozițiile unui agnosticism extrem, Kolbe ataca cu înverșunare pe toți susținătorii teoriei structurii, numindu-i „poeți chimici" și caracterizînd concepțiile lor drept halucinații și fantasmagorii. Dușman al materialismului, al dialecticii și al atomismului, Kolbe nu s-a sfiit să ironizeze pe marele fizico-chimist Van't Hoff, creatorul stereoizomeriei teoretice, spunînd despre acesta: „El a preferat să încalece pe Pegas (luat probabil cu chirie din grajdurile veterinarilor) și să proclame, în a sa *La chimie dans l'espace* (Chimia în spațiu) cum, de-a lungul zborului său curajos spre culmile Parnasului chimic, atomii îi apăreau grupîndu-se singuri în întregul spațiu cosmic" (citat după *Istoria filozofiei*, vol. III, Editura Științifică, 1960, p. 324).
Furibundele atacuri ale marelui chimist și mic filozof Kolbe, împotriva teoriei în general și a ipotezei stereochimice, în special, au fost spulberate de strălucita confirmare a acestei ipoteze.
[2] A. M. Butlerov, *op. cit.*, p. 86.

XXIII. Amprente spectrale

Istoria uneltelor cercetării n-a fost încă scrisă. O asemenea istorie ar fi pasionantă ca un roman. Apariția unui nou instrument de cercetare înseamnă, adesea, un moment de răscruce în disciplina pe care o servește. Se poate spune aceasta despre termometru, polarimetru, refractometru. Dar, mai cu seamă, despre spectroscop. Astăzi, fără spectroscop nu este de conceput laborator fizico-chimic utilat pentru cercetări. Spectroscopia în vizibil, în ultraviolet, în infraroșu își au instrumentele lor destinate fiecare unui domeniu de cercetări. Ele mijlocesc examinarea constituției moleculare, identificarea speciilor chimice și ale atomilor elementelor.

Istoria spectroscopiei începe în primii ani ai secolului al XIX-lea. William Hyde Wollaston era unul din fizico-chimiștii care — după Newton — se ocupau cu aceeași pasiune de problemele chimiei și ale opticii. În anul 1802, el creează o metodă de măsurare a indicelui de refracție a substanțelor solide. Cu acest prilej, el încearcă tot felul de combinații de dispozitive optice, folosind ca piesă centrală prisma dintr-o sticlă de indice de refracție cunoscut. Cercetînd spectrele luminii solare, obținute cu ajutorul prismelor, Wollaston observă, pentru prima oară, în spectrul solar niște dungi negre. Consemnează observația, fără s-o poată interpreta. Cu 12 ani mai tîrziu, în 1814, germanul Joseph Fraunhofer, fizician care nu se ocupă decît de problemele opticii, studiind posibilitățile de perfecționare ale instrumentelor cu lentile, redescoperă dungile negre din spectrul solar. Dar el nu se mulțumește cu simpla lor observare pe un ecran. Obișnuit, razele ieșite din prismă se prind pe o lentilă, care dă pe un ecran o imagine reală. Fraunhofer lasă razele ieșite din prismă să cadă pe obiectivul unei lunete și examinează prin ocularul lunetei imaginea reală formată în ocularul obiectivului. Folosind această metodă de mărire a dispersiei, Fraunhofer observă peste 500 de dungi întunecate în spectru, unele mai înguste, altele mai late, unele mai nete, altele mai estompate, neregulat distribuite.

Nici Fraunhofer nu găsește vreo interpretare pentru aceste dungi de întuneric în spectrul de lumină. El înseamnă însă, cu grijă maximă, locul lor în spectru, le catalogheză și le atribuie litere de identificare.

Pe de o parte, încă din 1752, englezul Melvil observase că spectrele obținute prin descompunerea luminii unei flăcări colorate de o sare a unui metal prezintă benzi largi colorate pe un fond negru.

În 1823, astronomul, fizicianul și chimistul John Friderick William Herschel sugerează posibilitatea folosirii liniilor spectrale descoperite de Melvil ca

test pentru prezența unui metal într-o sare sau într-un amestec de săruri. În 1828, Herschel face experiențe cu săruri de sodiu, potasiu, stronțiu și de alte metale, descriind liniile spectrale caracteristice pentru fiecare din metalele respective. În sfîrșit, în 1849, Leon Foucault — care perfecționase cu cîțiva ani înainte (1844) dispozitivul de producere a arcului electric, înlocuind cărbunele de lemn cu baghete formate prin presarea la presa hidraulică a unui amestec de cărbune de retortă, negru de fum și cărbune de pămînt — observă în spectrul unui arc electric format între doi poli de cărbune o linie dublă luminoasă, între galben și orange, care corespundea exact cu linia dublă întunecată pe care Fraunhofer o notase cu litera D. Trecînd un fascicul de raze de soare prin arcul electric, aceeași dublă linie D apărea mai întunecată decît în spectrul obținut direct prin descompunerea luminii solare. Și, în sfîrșit, cînd lumina carbonului incandescent, care dă un spectru luminos continuu, fără linii negre, trece prin arcul electric, apar liniile negre D. Influența reciprocă dintre substanțe și lumină se impunea ca un fapt de observație. Rămînea să se explice cumva fenomenul, să se generalizeze experiențele și să se obțină, astfel, instrumentul prin care lumina dezvăluie însușiri ascunse ale substanțelor.

Profesorul englez George Gabriel Stokes (1819—1903), care făcuse în 1849 niște calcule foarte interesante pentru determinarea vitezei de cădere a picăturilor de ploaie și care se ocupa cu pasiune de fluorescență și spectre, avea obiceiul să utilizeze o imagine pentru a face înțelese studenților lui fenomenele de absorbție și emisie a luminii. El n-avea pretenția să elaboreze o teorie, ci doar să facă mai intuitive fenomenele optice. Iată cam ce spunea — în esență — Stokes studenților săi:

— Priviți un leagăn de copil. Ca să-l pui în mișcare de oscilație, este nevoie să-i dai niște impulsuri periodice. Frecvența cu care se dau impulsurile trebuie să corespundă cu perioada proprie de oscilație a leagănului. Altminteri, se poate obține, dimpotrivă, efectul opririi leagănului din mișcarea sa. Tot astfel, orice sistem mecanic absoarbe energia care cade asupră-i într-un ritm, la unison cu propriile sale vibrații. Moleculele vaporilor de substanțe din păturile exterioare ale soarelui vor absorbi numai energia acelor raze izvorîte din păturile interioare, mai calde, a căror perioadă de oscilație corespunde cu propria lor perioadă de oscilație. Lumina care trece prin stratul exterior va fi lipsită de radiația absorbită. În locul ei apare în spectru o linie neagră.

Era o simplă imagine. Profesorul nu putea spune ce sînt acele oscilații proprii moleculelor. Dar această imagine era bogată în semnificații. Se stabilea o corespondență între substanță și lumină, se sugera ideea absorbției selective a luminii. Era o ipoteză, un început de teorie pe care experiența avea s-o confirme.

Nu apărea oare, de aici, limpede, că fiecare element, fiecare atom poate interacționa cu una sau mai multe radiații, caracteristice pentru respectivul element? Dar dacă spectrul putea fi prins pe un ecran și examinat cu mijloace optice fine, nu se deschidea perspectiva recunoașterii elementelor prin amprentele pe care le lasă ele pe spectru, fie prin absorbția radiațiilor de frecvență corespunzătoare, fie prin emisia acestor radiații?

În fața acestor întrebări stăteau chimiștii anorganicieni de la mijlocul veacului trecut. Pentru rezolvarea ei s-au asociat forțele unor cercetători ca Bunsen și Kirchhoff.

Robert Bunsen (1811-1899)

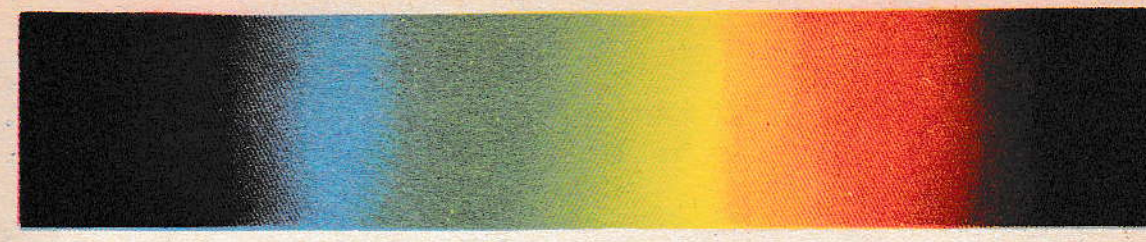
S-a născut la Göttingen, unde a și studiat începînd din 1828; studiile ulterioare și le-a făcut la Paris, Berlin și Viena. A fost profesor de chimie la Institutul politehnic din Kassel, apoi la Marburg, la Breslau și, în sfîrșit, la Heidelberg, unde rămîne pînă la sfîrșitul vieții.

Aproape 70 de ani de muncă științifică experimentală a însemnat viața acestui fizico-chimist, care reușise să cucerească o mare influență asupra vieții culturale și politice a Germaniei. Contemporan cu Berzelius, cu Pasteur și Saint-Claire Deville, cu Butlerov și Mendeleev, Bunsen este unul dintre ctitorii chimiei experimentale moderne.

Bunsen lucra în laborator cu pasiunea artistului, cu îndrăzneala și neînfricarea exploratorului. O explozie produsă cu prilejul unor experiențe cu substanțe fulminante îl face să-și piardă un ochi. Celebrele sale lucrări cu compuși de arsen îi provoacă o gravă intoxicație. Aceste împrejurări nu-l abat de pe calea lui.

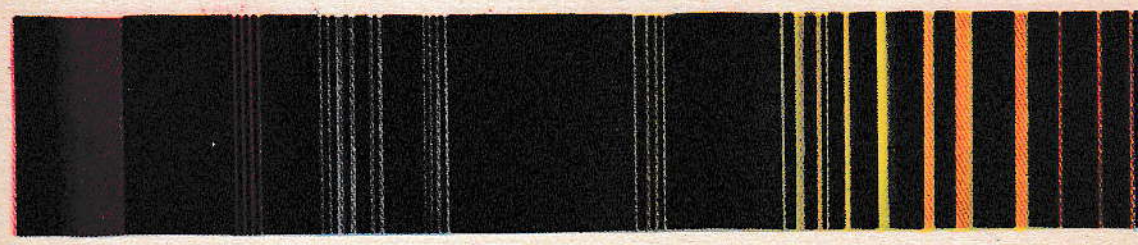
Avea 19 ani, în 1830, cînd scrie prima lui lucrare științifică în care descrie un instrument de laborator: higrometrul (*Enumeratio ac descriptio higrometrum*). Cu cîțiva ani mai tîrziu (1834) propune, într-o lucrare în colaborare cu Adolph Berthold, un antidot pentru otrăvirile cu acizii arsenului: hidroxidul de fer. Compușii arsenului îl atrag, dar înainte de a se ocupa mai îndeaproape de ei îl solicită alte probleme mai pasionante. Cercetătorii vremii se ocupau cu îmbunătățirea pilelor producătoare de curent. Bunsen inventează un nou element, după cel creat de Daniell și Iakobi. Elementul lui Bunsen este un element zinc-cărbune, robust și comod la utilizare. Bateriile de pile îi furnizează curent pentru arcul electric. Cum s-ar putea măsura intensitatea luminoasă a arcului și, în general, intensitatea luminii printr-o metodă simplă, la-ndemîna oricui? Problema o dată pusă, Bunsen trece la rezolvarea ei. Și dă în 1843 acea rezolvare de o simplitate uluitoare, care se materializează în fotometrul Bunsen. O foaie de hîrtie cu o pată de grăsime în centrul ei este luminată dintr-o parte de o sursă luminoasă a cărei intensitate este luată ca etalon, ca unitate de măsură; iar din cealaltă parte, de sursa a cărei intensitate se măsoară. Se variază distanța dintre cele două surse de lumină și foaia de hîrtie, pînă cînd pata de grăsime devine invizibilă. În acest moment, cele două intensități în planul hîrtiei sînt egale. Ținînd seama de distanța dintre surse și hîrtie, de legea scăderii intensității cu distanța, se

Robert Bunsen

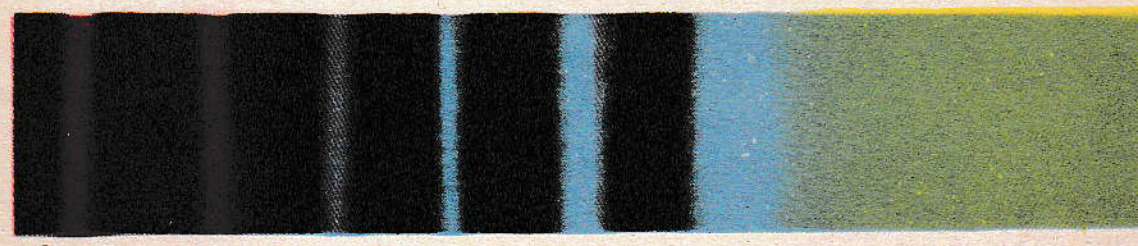


a

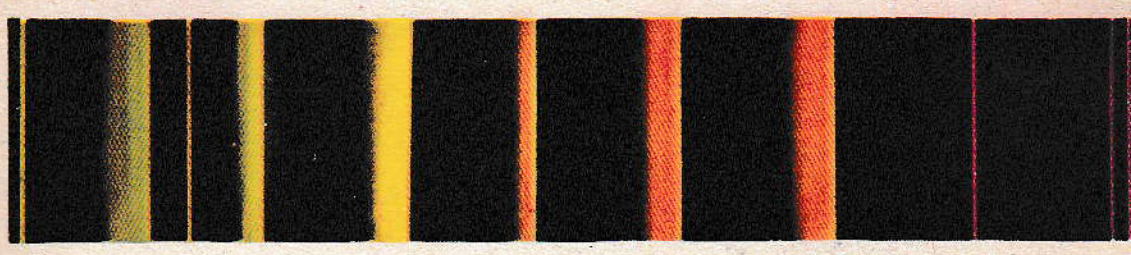
b



c



d



e

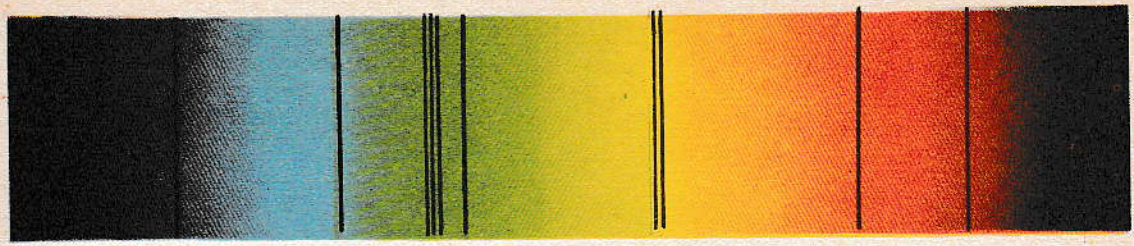
a : Spectru continuu ;

b : Spectru de fluorescență $HO_2\ NH_4\ F_4$ (la —180°C) ;

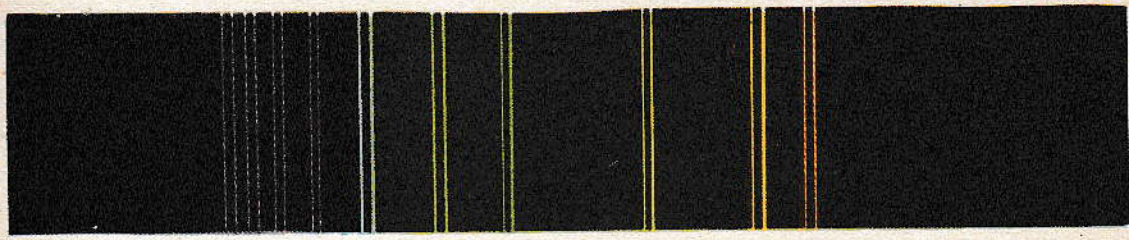
c : Spectru de arc (CN și C_2) ;

d : Spectru de absorbție a unei sări de uraniu ($K_2\ UO_2(CO_3)_2$) în apă.

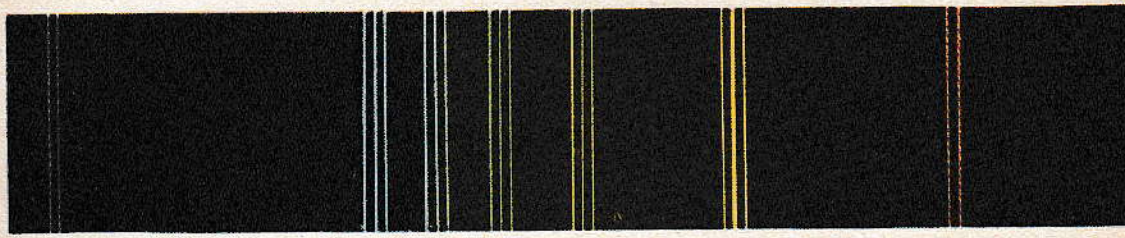
e : Spectru de emisiune al vaporilor de iod.



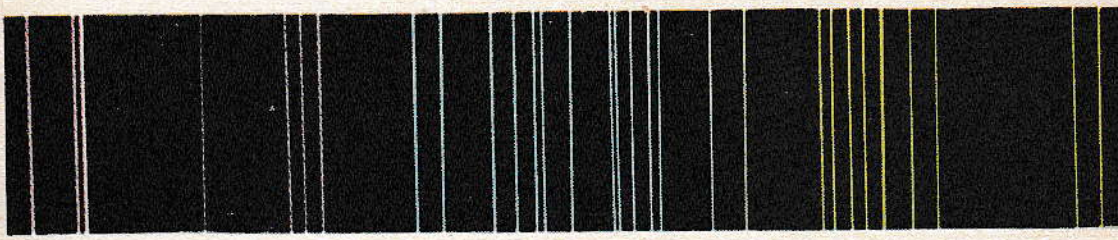
a



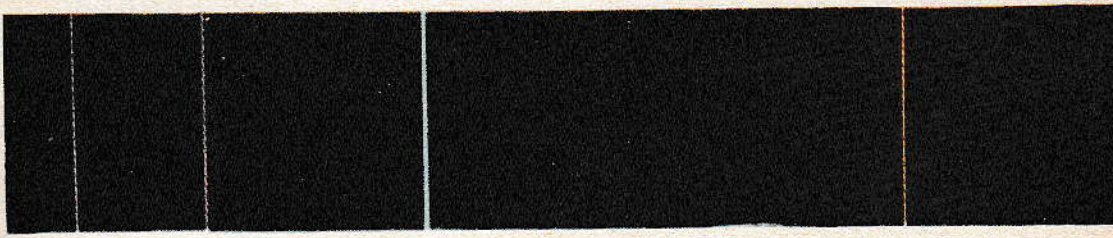
b



c



d



e

a : Spectrul solar (cu dungi Fraunhofer) ;
b : Spectrul sodiului ;
c : Spectrul potasiului ;
d : Spectrul cuprului ;
e : Spectrul hidrogenului.

obține raportul dintre intensitățile celor două surse. Problema este rezolvată. În 1844, Bunsen măsoară cu metoda petei de grăsime intensitatea luminoasă a arcului electric. În 1845 prepară, printr-o metodă originală, cianură de potasiu. În 1846 face o călătorie de studii în Islanda, pentru a cerceta minunatele gheizere fierbinți ale insulei. Rezultatele cercetărilor sale asupra acestui fenomen natural sînt comunicate lui Berzelius în 1846. Pe atunci, Berzelius era la sfîrșitul carierei sale. Tînărul Bunsen aduce, în felul lui, un omagiu părintelui chimiei. Printre alte observații interesante, Bunsen notează că apa curată în coloane înalte are o culoare albastră. Substanță, culoare, absorbția selectivă a luminii... Ideea își făcea loc în mintea cercetătorului.

Se întoarce la cercetările asupra compușilor arsenului. Pleacă de la o reacție[1], pe care o descoperise Cadet în anul 1760. Fierbînd acetații cu oxid de arsen se obținea un lichid cu miros respingător, care conținea oxid de cacodil (cacos = urît; odos = miros). Pornind de aici, Bunsen obține iodură și clorură de cacodil. El considera cacodilul ca un radical format din carbon, hidrogen și arsen. Încearcă să-l prepare liber și obține un corp care conține, într-adevăr, numai carbon, hidrogen și arsen, este un lichid cu același miros respingător și care se aprinde la aer. Bunsen credea că are de-a face cu un radical liber. Era de fapt, dicacodilul, moleculă formată din doi radicali legați între ei: $(CH_3)_2As - As(CH_3)_2$.

În 1850, o nouă invenție a lui Bunsen îmbogățește utilajul laboratoarelor de chimie: becul de gaz Bunsen, care a rămas pînă astăzi o unealtă prețioasă de laborator, alături de becul perfecționat al romînului Teclu. Urmează probleme de electroliză. Cu ajutorul curentului produs de pilele sale, Bunsen atacă problema obținerii electrochimice a metalelor, care de la Davy nu mai făcuse progrese deosebite. Obține prin electroliza clorurii de magneziu metalul magneziu (în 1851). În 1854 obține, tot prin electroliză, manganul și, un an după aceea, împreună cu Augustus Matthiessen[2], stronțiul.

Neobositul Bunsen se ocupă, în aceiași ani, de efectul presiunii asupra punctului de topire al substanțelor, încercînd să răspundă unor probleme de geologie: compoziția și geneza rocilor plutonice. Creează noi metode analitice și elaborează, în 1857, o metodă de determinare a densității gazelor, pe baza relației dintre densitățile a două gaze și vitezele de scurgere a lor prin orificii[3]. Descoperă proprietatea magneziului de a arde cu lumină orbitoare, proprietate pe care ciudatul William Crookes o va și folosi în 1859 la fotografierea în întuneric.

Din nou, substanțe și lumină...

[1] Este o reacție caracteristică, prin care se identifică acetații:

$$\underset{\text{trioxid de arsen}}{As_2O_3} + \underset{\text{acetat de potasiu}}{4CH_3{-}COOK} \rightarrow \underset{\text{oxid de cacodil}}{(CH_3)_2As{-}O{-}As(CH_3)_2} + \underset{\text{carbonat de potasiu}}{2K_2CO_3} + \underset{\text{bioxid de carbon}}{2CO_2}$$

[2] În aceiași ani, Matthiessen obținuse prin electroliză bariul.

[3] Vitezele scurgerii gazelor prin orificii sînt invers proporționale cu rădăcina patrată a densităților lor.

Bunsen lucrează timp de opt ani (1855—1863) în colaborare cu Roscoe la studiul efectului chimic al luminii. Ca întotdeauna, el își propune să realizeze întîi instrumentul de cercetare. Ca rezultat al primelor experiențe, se naște instrumentul de măsurat efectul chimic al luminii: actinometrul. Instrumentul se baza pe sensibilitatea la lumină a unui amestec de clor și hidrogen. În 1849, cînd împreună cu Gustav Robert Kirchhoff — descoperitorul legii distribuției curentului electric în ramificațiile unei rețele de conductori și al legii corpului negru[1] — Bunsen experimenta cu spectre luminoase, el nu cunoștea lucrările lui Foucault în legătură cu linia D.

Kirchhoff demonstră în acel an coincidența dintre linia D a spectrului solar, pusă în evidență de Fraunhofer, și linia sodiului[2]. Dispozitivul experimental al lui Kirchhoff consta dintr-o puternică sursă de lumină albă, lumină Drummond[3], o flacără de sodiu colorată în galben datorită sării de sodiu volatilizate în ea, o prismă pentru descompunerea luminii și o lunetă pentru observarea spectrului obținut. Un fascicul de lumină albă era lăsat să treacă prin flacăra de sodiu și apoi prin prismă. Cercetînd spectrul obținut, Kirchhoff descoperă linia neagră D a lui Fraunhofer. El trage aceeași concluzie ca și Foucault, în legătură cu originea dungilor negre din spectrul solar.

Importanța experienței lui Kirchhoff nu putea să-i scape unui Bunsen. El arătase, în același an, că se pot realiza în flacăra neluminoasă a becului său toate reacțiile „în flacără", care se realizau pînă atunci cu flacăra de sudură.

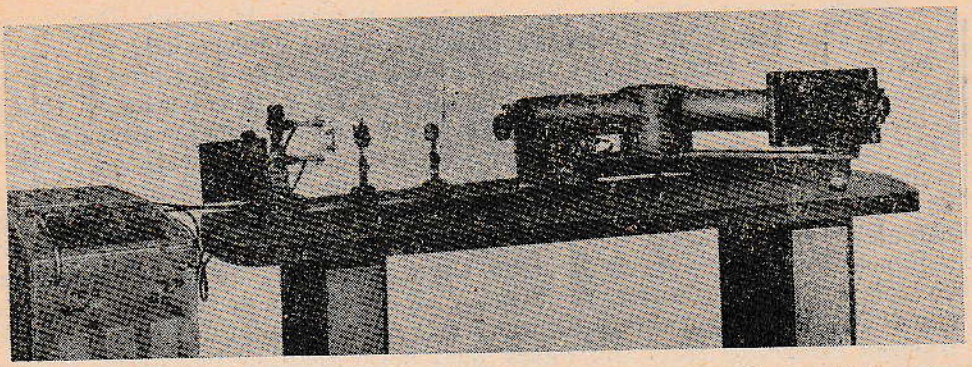
La spectroscop

Bunsen efectuează împreună cu Kirchhoff o serie de experiențe cu ajutorul becului de gaz. Ei demonstrează prin aceste experiențe că orice substanță volatilizabilă în flacără și orice vapori de substanțe aduși la incandescență dau un spectru caracteristic. Acest spectru era un mijloc direct de identificare a substanțelor. Principiul și mijlocul practic al spectroscopiei era, astfel,

[1] Corpul negru este un corp ideal, care absoarbe complet toate radiațiile care cad asupră-i, sau în termeni mai exacți: corp pentru care puterea absorbantă este egală cu unitatea pentru radiația electromagnetică de orice lungime de undă (lumină de orice culoare). Legea corpului negru exprimă relațiile cantitative dintre puterea de absorbție și emisie a radiațiilor luminoase și termice, pentru o anumită temperatură și o anumită lungime de undă.
Puterea emițătoare a unui corp negru depinde numai de lungimea de undă a radiației și de temperatură.

[2] Cu 11 ani mai tîrziu, în 1860, cînd analiza spectrală a astrelor va fi obținut primele ei succese, Kirchhoff avea să scrie fratelui său: „Nu vreau nici mai mult nici mai puțin decît să fac analiza chimică a soarelui și, poate mai tîrziu, a stelelor fixe. Am avut fericirea de a găsi cheia acestei enigme. Acest lucru pare foarte straniu și eu nu m-am simțit ofensat cînd un cunoscut, doctor în filozofie, mi-a povestit recent, în timpul unei plimbări, că un nebun afirmă că ar fi descoperit natriu în soare. Eu am încercat să explic că lucrul acesta nu este atît de imposibil și că, într-adevăr, s-ar putea desprinde concluzii despre compoziția chimică a unui corp pe baza razelor iradiate de el. Nu m-am putut abține de la ispita de a-i spune că acel nebun sînt chiar eu" (citat după *Istoria filozofiei*, vol. 3, p. 325).

[3] Lumină obținută prin încălzirea directă, pînă la alb, a unui cilindru de calcar, cu o flacără oxihidrică. Descoperită de Goldsworthy Guernay în 1826 și folosită apoi de Thomas Drummond la lucrări topometrice în Islanda.



Spectrofotometru

realizat și cu aceasta era deschisă calea analizei urmelor de substanță și mai ales, calea descoperirii unor noi elemente.

Bunsen examinează spectrele substanțelor cunoscute. Al sodiului, potasiului, calciului, magneziului, fierului, mercurului ...El își obișnuiește ochiul cu aceste amprente ale elementelor, ca un detectiv care examinează amprentele comparativ cu cele păstrate în caziere. El izbutește curînd să deosebească, dintr-o singură privire, spectrul unui element.

Dintre toate aparatele pe care le-a construit, dintre toate instalațiile electrice, optice, termice, care umpleau laboratoarele lui, Bunsen se oprește cel mai adesea la spectroscopul din camera neagră. Orice substanță intra în laborator trecea, în primul rînd, pe la spectroscop. Bunsen căuta. Bunsen spera să întîlnească un spectru deosebit de al tuturor celor cunoscute. Ideea că sodiul și potasiul nu pot fi singurele metale alcaline, neverificată experimental de cercetător, dar care mijea în creierul lui, trebuie să-l fi împins spre această căutare. Neostenita stăruință în cercetarea migăloasă a mii de soluții și siguranța că din totalitatea elementelor naturale n-au fost descoperite decît puține au dus la un succes atît de rapid.

Anul 1860. În una din serile sale de spectroscopie, Bunsen observă pentru prima oară un spectru pe care ochiul lui nu-l mai văzuse. Nu-l văzuse ochiul nici unui cercetător pînă la el. Erau două linii clare, albastre ca cerul. Examina apa minerală de Durkheim, în care era de așteptat să găsească obișnuitele elemente alcaline: sodiul și potasiul. Două linii albastre. Ele revin mereu, ori de cîte ori schimbă soluția. În latinește, pentru expresia „ca cerul", există un cuvînt: *caesius*. Este numele pe care Bunsen îl alege pentru noul element descoperit. A urmat cercetarea tuturor mineralelor care conțin sodiu și potasiu. Cesiul a fost găsit în cantități mici în silicații de sodiu și potasiu. A fost regăsit în lepidolită și polucită (silicat hidratat de sodiu și cesiu), în apa unor izvoare. A urmat izolarea lui[1] prin electroliza cianurii topite, apoi cercetarea proprietăților lui și descoperirea extraordinarei lui afinități pentru oxigen, care a dus, în vremea noastră, la folosirea cesiu-

[1] Pentru a obține 8 g de clorură de cesiu și 9 g de clorură de rubidiu, Bunsen și colaboratorii săi au pornit de la 44 tone de apă de saline, efectuînd nenumărate cristalizări fracționate și urmărind spectroscopic cristalizările succesive.

lui pentru extracția urmelor de oxigen din tuburile de radio. Dar toate acestea erau consecințe firești ale primului act al descoperirii.

1861. Bunsen nu mai părăsește spectroscopul. Mineralele conținînd sodiu și potasiu sînt urmărite sistematic. Și iată o zi ca toate celelalte, și totuși deosebită de toate celelalte. La analiza spectroscopică a unei mostre de lepidolit, apare un spectru cu două linii roșii. Un element nou, alcalin și acesta. Bunsen îl numește rubidiu, de la latinescul rubidius: roșu închis.

În același an, William Crookes (1832—1919) descoperă, prin spectroscopia noroaielor din camerele de plumb ale unei fabrici de acid sulfuric din regiunea Harz, o linie spectrală verde. Un nou element: taliul. Începe munca de izolare. Crookes izbutește să obțină, în 1862, clorură de taliu din reziduurile de la fabricarea acidului sulfuric. Trece sarea în sulfat de taliu, din care izolează elementul taliu sub forma unei mase metalice buretoase. Îl izolează în același timp și Auguste Lamy din azotat de taliu cu hidrogen.

În timp ce Crookes se ocupă cu izolarea metalului descoperit, Ferdinand Reich și Hieronymus Theodor Richter din Freiberg descoperă o nouă linie spectrală albastră. Un nou element, indiul, este astfel descoperit în blenda de zinc din Freiberg.

Spectroscopia își cîștigă o binemeritată faimă. Se fac fotografii de spectre, se publică planșe cu spectrele colorate ale elementelor. În 1866, suedezul Anders Jonas Ångström măsoară lungimile de undă ale radiațiilor corespunzătoare liniilor lui Fraunhofer în zecimi de miimi de milimetru. Această unitate a căpătat mai tîrziu numele de Ångström. În 1867, Ångström observă spectrul luminii nordice, apoi al celei zodiacale. În 1868 el editează desene ale spectrelor solare, cu însemnarea lungimilor de undă. Ele au rămas timp de zeci de ani instrumente ale spectroscopiei.

Între timp, astronomii cercetează spectrul stelelor. Experiența fizică demonstra ceea ce de mult filozofii materialiști susținuseră împotriva dogmelor bisericești: nu există deosebiri între „ceresc" și „pămîntesc". Substanțele care constituie materia pămîntului se regăsesc și în soare, și în stele. Chiar dacă s-ar găsi vreun element necunoscut în astre, ar fi de așteptat ca el să fie găsit și pe pămînt. Istoria a confirmat această previziune. „Cerescul" își pierde dreptul la existență. Cercetarea lui va deveni o sarcină curentă de laborator. Unul din aspectele unității materiale a lumii va deveni direct observabil.

Bunsen trece și la alte cercetări, ocupîndu-se, în 1866, cu pămînturile rare, cu măsurarea colorimetrică a concentrațiilor de substanțe în soluții, cu studii de termochimie (inventează, în 1870, un nou tip de calorimetru cu gheață), dar nu mai părăsește, pînă la sfîrșitul vieții, analiza cenușelor și apelor minerale și reacțiile în flacără, așa cum n-a părăsit determinările precise de constante fizice ale substanțelor (puncte de topire, puncte de fierbere), a căror însemnătate pentru cunoașterea substanțelor a fost multă vreme subestimată. Pe calea creată pășesc cercetătorii mai tineri. Spectroscopia devine o pasiune. Între timp s-a petrecut în istoria chimiei unul din acele evenimente nerepetabile, care determină un ritm nou al cercetării experimentale și gîndirii științifice.

XXIV. Bazele chimie

„Omenirea a învățat în domeniul științelor să traverseze abisurile necunoscutului, să ajungă la țărmul solid al realității și să cuprindă întregul univers, sprijinindu-se doar pe pilonii bine studiați de pe maluri"

D.I. MENDELEEV

În ședința din 6 martie 1869 a Universității din Petersburg, *N.A. Mențutkin*[1] expunea, în numele lui Dmitri Ivanovici Mendeleev, comunicarea: „Încercarea de stabilire a unui sistem al elementelor bazat pe greutatea lor atomică și asemănarea lor chimică". Prezentînd cele 8 teze științifice și tabela cu semnătura lui Mendeleev, Mențutkin transmitea auditoriului și această afirmație a lui Mendeleev; „Trebuie să ne mai așteptăm la descoperirea și a altor corpuri simple necunoscute, de exemplu a unor elemente asemănătoare aluminiului și siliciului, cu greutate atomică de ordinul 65...75". O asemenea afirmație nu făcuse încă nimeni, în legătură cu elementele chimice. Cei care au ascultat, în aula Universității din Petersburg, comunicarea lui Mendeleev n-au putut înțelege că asistau la un moment de răscruce în domeniul chimiei și al fizicii. Evenimentele științifice care s-au succedat după enunțarea legii periodicității au determinat consensul unanim al cercetătorilor naturii din toate țările lumii asupra caracterului revoluționar al descoperirii lui Mendeleev.

Mendeleev (1834-1907)

S-a născut la Tobolsk. Tatăl lui era directorul gimnaziului din oraș. Terminînd cursurile gimnaziale în 1849, Mendeleev se înscrie la secția de fizico-matematici a Facultății pedagogice din Petersburg. Aici are ca profesor pe

[1] Nikolai Aleksandrovici Mențutkin (1842—1907) s-a născut la Petersburg. După absolvirea secției de științe naturale a Facultății de fizico-matematică din Petersburg, și-a continuat studiile în străinătate. În 1869 și-a susținut teza de doctorat cu titlul „Sinteza și proprietățile ureidelor", fiind numit profesor la Universitatea din Petersburg. Din 1885 a funcționat ca șef al catedrei de chimie organică. Începînd din 1905 și pînă la sfîrșitul vieții, a fost profesor la Institutul politehnic din Petersburg.
Remarcabile sînt lucrările sale în domeniul influenței structurii alcoolilor și acizilor organici asupra vitezei de esterificare. Mențutkin a efectuat numeroase cercetări experimentale și teoretice în problema vitezei de formare și descompunere a eterilor, aminelor, amidelor, acizilor etc. în diferiți solvenți. În una din lucrările sale, el demonstrează experimental că viteza formării iodurii de tetraetilamoniu (din iodură de etil și trietilamină) în alcool benzilic este de 700 de ori mai mare decît viteza aceleiași reacții în hexan. Lucrările lui Mențutkin privind influența solventului asupra vitezei de reacție au stat la baza stoechiometriei dinamicii chimice. A scris un curs de chimie organică, unul de chimie analitică și lucrări originale de istorie a chimiei.

Aleksandr Abramovici Voskresenski, „bunic al chimiei ruse", acel dascăl neîntrecut, care a știut să stîrnească pasiunea pentru chimie a unei strălucite generații, din care fac parte, printre alții, Beketov și Menșutkin. În laboratorul organizat de Voskresenski și-a format Mendeleev mîna de experimentator. Aici a venit el în contact cu problemele de chimie tehnologică, care preocupau în mod deosebit pe chimiștii ruși în această epocă, în care se dibuiau în Rusia cărările întemeierii unei industrii chimice bazate pe resursele naturale inepuizabile ale țării.

Geniul lui Mendeleev se relevă cu prilejul primelor lui lucrări științifice din perioada studenției. În 1854, el cercetează compoziția chimică a unor minerale. Lucrarea nu se oprește la simpla analiză chimică și la stabilirea compoziției. Studentul Mendeleev trage concluzii generale cu privire la raportul dintre forma cristalelor, compoziția lor și însușirile lor chimice. El expune lucrarea sa în lumina acestei idei generalizatoare. Identitatea de formă, izomorfismul, este o expresie a unei constituții chimice asemănătoare. Chiar în această primă lucrare, Mendeleev pune în evidență grupele de elemente naturale, embrion al legii periodicității proprietăților.

Profesorii își dau ușor seama de bogăția cunoștințelor și capacitatea de sinteză a elevului lor.

La vîrsta de 21 de ani, în 1855, Mendeleev termină facultatea, obținînd medalia de aur. Un an mai tîrziu, el își susține, tot la Petersburg, disertația „Despre structura combinațiilor silicioase" pentru titlul de „docent privat". În același an, comunică lucrarea *Volume specifice*, susținînd că activitatea chimică a elementelor depinde de volumul lor atomic. Era un nou pas către clasificarea naturală a elementelor.

Începînd cu anul 1857, ca docent al Universității din Petersburg, începe să predea cursul de chimie organică.

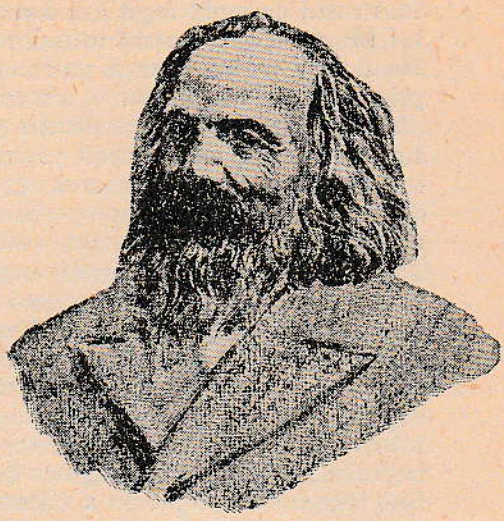
Cele mai talentate cadre didactice erau trimise în străinătate pentru specializare. Mendeleev pleacă la Heidelberg, în 1859. În acest vesel oraș studențesc german, el își preface camera într-un laborator de cercetări chimice. Îți vine greu să-ți imaginezi cum, într-o cameră închiriată, au putut fi instalate aparatele și conductele necesare pentru experiențele destinate unor cercetări fundamentale. Mendeleev nu reproduce aici lucrările experimentale efectuate în laboratoarele universității. El cercetează proprietățile fizice ale compușilor chimici puri, în lumina legilor chimiei fizice și face — în camera lui din Heidelberg — o descoperire epocală: *starea critică a substanțelor*, pe care o numește punct de fierbere absolut (temperatură deasupra căreia nu se mai poate deosebi starea gazoasă de cea lichidă, indiferent de presiune).

În anul 1860, Mendeleev participă la Congresul internațional al chimiștilor ținut la Karlsruhe, unde s-a stabilit atunci un sistem unic, internațional adoptat, al greutăților atomice și al scrierii formulelor chimice.

După terminarea lucrărilor despre starea critică în anul 1861, se întoarce în patrie, la Petersburg, unde predă în continuare chimia organică, publicînd primul curs original de chimie organică din Rusia.

În 1864, devine profesor la Institutul de tehnologie, iar în 1865, după susținerea disertației de doctor în științe, este numit profesor al catedrei de chimie tehnică și apoi al catedrei de chimie generală a Universității din Petersburg.

Ca profesor de chimie generală, a început Mendeleev, în anul 1868, elaborarea lucrării *Bazele chimiei*. În cursul redactării acestei opere, a descoperit el „legea



periodicității proprietăților elementelor", punct de pornire al dezvoltării chimiei contemporane.

În 1874, cînd savanți din lumea întreagă recunoscuseră valoarea unică a descoperirii lui Mendeleev, un grup de chimiști din care făceau parte Zinin și Butlerov au propus candidatura lui pentru titlul de membru adjunct al Academiei din Petersburg. Propunerea a fost respinsă... Istoria a consemnat astfel un act caracteristic pentru acele foruri științifice în care domină reacționarii, oameni pe care geniul și progresul îi înspăimîntă.

Ales, în sfîrșit, membru corespondent al academiei în 1876, Mendeleev va mai avea de întîmpinat o dată opoziția majorității reacționare a Academiei din Petersburg, în anul 1880, cînd cele mai reprezentative personalități ale științei ruse îl vor propune pentru titlul de academician. Candidatura este din nou respinsă. Tot ce era înaintat în intelectualitatea rusă a vremii a protestat împotriva acestei atitudini. Cinci universități ruse l-au ales pe Mendeleev membru de onoare. Universitățile din Cambridge, Oxford și din alte orașe apusene i-au decernat titlurile lor. L-au cooptat ca membru de onoare Societatea regală din Londra, academiile din Roma, Paris, Berlin. Societăți științifice din Rusia, din Europa apuseană, din America i-au conferit titlul de membru de onoare. În patria lui, Mendeleev avea însă de suportat lovituri, pe care adversarii lui le voiau nimicitoare.

În timpul revoltelor studențești din 1890, Mendeleev este cel care încearcă să înmîneze ministrului învățămîntului public petiția studenților. Ministrul refuză să primească petiția. Izbucnește astfel un conflict puternic între savantul cu suflet tînăr și reprezentantul oficial al învățămîntului. Ca urmare a acestui conflict, Mendeleev este silit să părăsească Universitatea din Petersburg. Omul care considera profesoratul ca a doua sa misiune în viață, savantul care a adus universității sale laurii gloriei, trebuia să coboare de la catedră!

În 1892, Mendeleev este numit păstrător al etaloanelor Rusiei. Era o treabă destul de modestă, dar și în această calitate el pășește pe calea înnoirilor. Sub conducerea lui, Depozitul de etaloane se transformă în „Camera principală de măsuri și greutăți" și devine locul unor lucrări științifice originale de metrologie. Mendeleev creează etaloane noi, elaborează metode de măsurare de precizie maximă. Balanța rapidă de precizie cu brațe scurte poartă și azi numele lui Mendeleev. Cele mai corecte tabele alcoolmetrice din lume au fost elaborate de Mendeleev. Punînd datele fizicii și ale chimiei fizice în slujba metrologiei, el transformă metrologia rusă într-o disciplină științifică.

Institutul de metrologie din Leningrad, la poarta căruia străjuiește statuia lui Mendeleev, îi poartă astăzi numele.

Mendeleev punea aceeași pasiune clocotitoare în problemele tehnologice și practice, ca și în chestiunile teoretice fundamentale. Tot ce ajungea sub lumina gîndirii lui, căpăta semnificații și soluții necunoscute pînă la el.

Iată-l cercetînd zăcămintele petrolifere ale Caucazului. El desfășoară un plan îndrăzneț pentru exploatarea rațională a zăcămintelor de țiței ale Rusiei; dar cu acest prilej își pune problema originii petrolului, elaborînd o ipoteză originală explicativă a genezei zăcămintelor petrolifere.

Petrolul este una din sursele naturale de combustibil, fără de care nu este posibilă dezvoltarea unei puternice industrii moderne. A doua sursă de combustibil o formează cărbunele. Mendeleev cercetează cărbunele, atît din punctul de vedere al compoziției și caracteristicilor, cît și din punct de vedere economic, încercînd să stîrnească interesul statului și al deținătorilor de capital pentru valorificarea uriașelor zăcăminte de cărbune ale Rusiei. El întrevede viitorul marilor bazine carbonifere ale Donețului, Moscovei, Kuznețkului. Nemărginita dragoste de patrie îi sugerează imagini de incomparabilă frumusețe. „O putere a viitorului doarme în așteptare pe malurile Donețului", spune Mendeleev, vorbind despre cărbune, despre rolul lui în dezvoltarea industriei ruse. Gîndind la exploatarea rațională a cărbunelui, el vede, în același timp, necesitatea schimbării condițiilor îngrozitoare de muncă ale minerilor. Soluția el o caută în știință, forța care poate împlini toate visurile omenirii. Mendeleev schițează metoda viitorului pentru exploatarea cărbunelui, susținînd cu argumente științifice și tehnice gazeificarea subterană a cărbunelui. Arderea subterană, dirijată, a cărbunelui poate da gazele combustibile, care să fie aduse pe conducte pînă la uzine. Ideea lui Mendeleev este pe cale să-și găsească soluția practică numai în condițiile construirii comunismului — în Uniunea Sovietică.

Petrol, cărbune, fier — iată elementele esențiale ale industriei grele. Mendeleev cercetează zăcămintele de minereuri de fier, el calculează rezervele uriașe ale Uralului, descoperă relații între anomaliile magnetice și zăcămintele de fier. Introduce metode magnetometrice pentru depistarea zăcămintelor. O carte cu un titlu modest, *Industria fierului din Ural după 1889*, semnată de Mendeleev, închide între coperțile ei visul viitoarei puteri industriale a Rusiei. Aici se desfășoară proiectele reorganizării uzinelor metalurgice, ale dezvoltării maxime a industriei gazelor, proiectul folosirii motoarelor cu gaze. Mendeleev privește mereu spre viitor, de pe cea mai înaltă platformă științifică a timpului său. Reprezentanții guvernului țarist taxau ideile lui Mendeleev drept „visuri de profesor". Guvernul țarist a dispărut de mult, dar ideile și visurile lui Mendeleev se prefac în cea mai palpabilă realitate. Este greu să descoperi o ramură a industriei, tangentă cu chimia, pe care Mendeleev să n-o fi cercetat în lumina celor mai noi cuceriri ale științei din vremea sa. L-au preocupat îngrășămintele minerale, fabricarea sodei, a sticlei, a zahărului, a uleiurilor vegetale, a hîrtiei, a alcoolului, a brînzeturilor, a amidonului, a pulberilor explozive.

În 1891, Mendeleev elaborează un procedeu original de fabricare a unei pulberi fără fum, pe bază de nitroceluloză: pirocolodiul. Se fac încercările cu pirocolodiul pe tunuri de calibru mare, dar generalii ruși nu dau aviz favorabil. Mendeleev nu ținea secrete nici una din descoperirile lui. Fabricanții de praf de pușcă din America s-au grăbit să aplice invenția lui Mendeleev.

Ca în multe alte împrejurări, guvernul țarist a fost obligat să devină clientul firmelor străine care au pus în aplicare invenția rusească.
Dacă chimia poate interveni în toate ramurile industriei, în toate procesele uzinale în care se pune — în fond — problema transformării fizico-chimice a unor materiale, ea poate interveni, desigur, în agricultură. Mendeleev concepe și conduce pe teren vaste experiențe de ameliorare chimică a solului cu îngrășămintele minerale.
Prins în atîtea lucrări practice de chimie industrială, de metrologie, de agrochimie aplicată, Mendeleev nu pierde nici o clipă din vedere cercetările fundamentale. Participă la congrese mondiale, corespondează cu marii chimiști ai lumii, vizitează laboratoarele în care se fac marile descoperiri de la sfîrșitul veacului trecut și începutul veacului nostru. Cuvîntul lui este ascultat de cele mai înalte foruri ale științei mondiale, ca al unui arbitru necontestat. Conferințele lui științifice sînt pasionante ca niște călătorii în viitor.
Ajuns pe calea cercetării naturii la o concepție materialistă fermă, Mendeleev a luptat cu spada cuvîntului împotriva concepțiilor idealiste și îndeosebi împotriva spiritismului, curent care cucerise, în ultimele decenii ale secolului trecut, personalități marcante ca Butlerov și Crookes.
De-a lungul celor 53 de ani de activitate, Mendeleev a luptat neobosit pentru progres, folosind uneltele cercetării experimentale, argumentul rațional, forța sugestivă a cuvîntului potrivit. În știința căreia i-a consacrat viața, ca și în problemele dezvoltării patriei sale, pe planul concepției despre lume, ca și în problemele imediate ale industriei și agriculturii, Mendeleev s-a plasat mereu pe poziții înaintate, conforme cu dezvoltarea. Pasiunea pentru creație, năzuința spre nou, acestea sînt cele mai caracteristice trăsături ale personalității care a dat fizicii și chimiei contemporane sistemul periodic al elementelor.

Dialectica elementelor chimice

„Am fost întrebat de multe ori — scrie Mendeleev[1] — pe baza cărui fapt și pornind de la care idee am găsit și am susținut legea periodicității". Răspunsul lui Mendeleev este răspunsul unui gînditor materialist. El vorbește despre eternitatea materiei, despre cognoscibilitatea ei; el respinge ideile „spiritualiștilor" și „mediumiștilor", care neagă obiectivitatea materiei. De la ideea de cognoscibilitate a materiei, de realitate a masei și de individualitate a elementelor chimice, Mendeleev ajunge la concluzia legăturii obiective dintre masa elementelor și proprietățile lor individuale.
„Cînd reflectezi asupra materiei, este, după mine, imposibil să eviți două probleme, în afară de orice idee despre atomii materiali, și anume: cîtă și ce fel este materia; acestor chestiuni le corespund noțiunile de masă și chimism"...
„Din acest motiv se naște de la sine ideea că între masă și particularitățile chimice ale elementelor trebuie să existe o legătură... o relație funcțională între proprietățile individuale ale elementelor și greutățile lor atomice"[2].

[1] D. I. Mendeleev, *Bazele chimiei*, vol. II, Editura Academiei R.P.R., 1958, p. 403.
[2] D. I. Mendeleev, *op. cit.*, p. 403.

Pornind de la aceste idei fundamentale despre raportul obiectiv, necesar, între cantitate și calitate, a descoperit Mendeleev legea periodicității proprietăților chimice ale elementelor. Pornind de la aceste idei ancorate în concepția materialistă despre lume și de la observațiile anterioare cu privire la înrudirea între grupuri restrînse de elemente (Dumas, Pettenkoffer, L. Meyer, Rydberg, Bazarov), Mendeleev a ajuns să descopere înrudirea între toate elementele naturale, gruparea lor în perioade, revenirea proprietăților elementelor, la nivele noi, din perioadă în perioadă. Așa s-a născut sistemul periodic al elementelor.

Cercetătorii care l-au precedat pe Mendeleev au observat asemănări între însușirile elementelor și au grupat elementele după asemănarea însușirilor lor. Nici unul dintre ei n-a sesizat însă legătura lăuntrică, fundamentală între toate elementele constituente ale substanțelor. Mendeleev a căutat să descopere baza materială care diferențiază și aseamănă elementele între ele. El a ajuns astfel la ideea legăturii dintre o proprietate materială esențială — greutatea (masa) atomică — și însușirile fizico-chimice ale elementelor. Formularea dată de Mendeleev legii periodicității are rigoarea relațiilor matematice:

„Proprietățile corpurilor simple, precum și formele și proprietățile compușilor elementelor sînt în dependență periodică (sau exprimîndu-ne în limbaj algebric, alcătuiesc o funcție periodică) de mărimea greutăților atomice ale elementelor".

Nici unul dintre cercetătorii care s-au ocupat cu gruparea elementelor sau care au cunoscut sistemul periodic elaborat de Mendeleev n-a îndrăznit să prevadă elemente noi, să prezică proprietăți noi, să modifice, pe baza legii descoperite, valori stabilite pe cale experimentală. Mendeleev îl citează pe L. Meyer, care scria în anul 1870: „Ar fi pripit să se procedeze la o modificare a greutăților atomice acceptate în prezent, bazîndu-ne pe premise atît de șubrede".

Mendeleev îndrăznește să prevadă, să prezică, să modifice, pentru că pe baza întregului material din istoria chimiei, el a ajuns la convingerea fermă că periodicitatea însușirilor fizico-chimice este o lege universală a naturii, că fiecărei creșteri cantitative de masă atomică îi corespunde o schimbare calitativă, că nici o însușire a elementelor nu este întîmplătoare, ci strict dependentă de structura materială a atomilor.

Pe vremea elaborării sistemului periodic, se cunoșteau 62 de elemente, dintre care 42 au fost descoperite în jumătatea de secol care a trecut de la cercetările lui Dalton.

Căsuțele goale din tabela lui Mendeleev indicau direcția cercetării pentru descoperirea unor noi elemente. Mendeleev a prezis proprietățile lor, pe baza proprietăților elementelor cunoscute din căsuțele vecine.

„Mendeleev, aplicînd fără să știe legea hegeliană a trecerii cantității în calitate, a săvîrșit pe tărîmul științei o faptă măreață, care poate să stea cu îndrăzneală alături de descoperirea lui Leverrier, care a calculat orbita unei planete încă necunoscută..."[1]

Într-un articol din 1871, Mendeleev descrie proprietățile a trei elemente nedescoperite, pe care el le denumise ecasiliciul, ecaaluminiul și ecaborul.

[1] Fr. Engels, *Dialectica naturii*, p. 50.

Sistemul periodic al elementelor

| Perioada 0 | | |

Toate previziunile[1] lui Mendeleev s-au confirmat rînd pe rînd, dar căutarea, descoperirea, izolarea și cercetarea ecaaluminiului constituie unul din acele exemple clasice din istoria științelor în care ideea rolului conjugat al ipotezei științifice, al instrumentului de cercetare potrivit, al pasiunii și stăruinței cercetătorului se impune cu pregnanța unei teoreme demonstrate geometric. Condus de ideea periodicității proprietăților elementelor și folosind ca instrument de cercetare spectroscopul, francezul François Lecoq de Boisbaudran (1828—1912) examinează ani în șir acele minereuri naturale în compoziția cărora era firesc să fie asociat ecaaluminiul prezis de Mendeleev. În 1875, el descoperă la analiza spectrală a unei blende de Pierrefitte din Pirinei o radiație violetă, care nu corespundea nici unui element cunoscut pînă atunci. După o muncă îndîrjită, el izbutește să izoleze elementul identificat și să-i determine proprietățile. Îl numește: galiu[2], după vechiul nume al patriei sale. Boisbaudran publică într-o revistă descoperirea și proprietățile elementului. Mendeleev citește articolul și compară proprietățile determinate pe cale experimentală de Boisbaudran cu cele teoretice previzibile pe baza legii periodicității. În urma acestei confruntări, Mendeleev scrie o scrisoare revistei care publicase comunicarea lui Boisbaudran, atrăgînd atenția asupra faptului că unele proprietăți descrise nu corespund cu locul elementului în tablou și că alte proprietăți, pe care trebuia să le aibă elementul, nu au fost cercetate (însușirea de a da alaun, de pildă). Boisbaudran verifică imediat indicațiile lui Mendeleev, pe calé experimentală, pe elementul preparat și purificat de el. După o lună de cercetări, el trimite o scrisoare lui Mendeleev, confirmînd toate prevederile genialului savant rus, care, pe baza periodicității, părea că vede la mii de kilometri distanță mai bine decît cercetătorul cu eprubeta în mînă.

Teoria conducea cercetarea, indica instrumentul, prevedea comportarea substanțelor încă nedescoperite. Experiența confirma teoria, folosind instrumentul corespunzător. Teoria întărită prin confirmarea experimentală corija noile experiențe. Stăruința, pasiunea pentru adevăr și corectitudinea științifică contribuiau la rezolvarea rapidă a contradicțiilor.

Galiul[3] era al treilea element descoperit pe calea „amprentelor spectrale" și prima probă de foc a sistemului periodic al elementelor.

Spectroscopia nu și-a încheiat descoperirile o dată cu galiul. Chiar în problema descoperirii noilor elemente, ea avea să dea alte dovezi strălucite ale posibilităților înscrise în principiul ei. Ochii chimiștilor scrutau spectrele mineralelor terestre. Ochii astronomilor — și în această epocă astronomii erau adesea fizicieni — scrutau spectrele astrale. Și unii și alții, fizicieni și chimiști, se ghidau după legea naturii descoperită de Mendeleev. Fizicianul Joseph Norman Lockyer și astronomul Jules Janssen cercetau (în 1868), cu ajutorul astrofotografiei și spectroscopiei, structura și constitu-

[1] Ecaaluminiul = galiu, descoperit în 1875; ecaborul = scandiu, descoperit de scandinavul Lars Fredrik Nilson în 1879; ecasiliciul = germaniu, descoperit în 1886 de Clemens Winkler.

[2] Mai tîrziu același Boisbaudran va descoperi tot pe cale spectrală elementele rare: samariu, disprosiu și holmiu.

[3] Element cu număr atomic 31. Simbol: Ga. Metal cenușiu deschis, bătînd în albăstrui. Se topește mai jos de 30°C (29,78°C) și fierbe la 1 800°C, proprietate pe care se bazează folosirea sa la termometre de cuarț, în locul mercurului, pentru măsurarea unor temperaturi pînă la 1 800°C. Folosit în pilele solare și în redresori cu siliciu. De trei ori mai scump decît aurul.

ția chimică a soarelui. Ei modifică spectroscopul astfel, încît să îngăduie observarea protuberanțelor solare chiar și în condițiile soarelui neeclipsat. Izbutesc să pună astfel în evidență — în spectrul cromosferei — o linie galbenă deschisă care nu corespundea — ca poziție în spectru — nici uneia din liniile cunoscute, din spectrele substanțelor pămîntești. Lockyer împreună cu Frankland atribuie această linie unui element existent în soare, necunoscut pînă atunci; cei doi cercetători îi creează și un nume, derivat de la numele grecesc al astrului solar. Îl numesc heliu.

Fizico-chimiștii nu mai puteau concepe existența unui element natural în astre care să nu existe și pe pămînt. Speranța de a descoperi heliul într-un mineral terestru era mereu trează. Linia galbenă a heliului a fost descoperită puțin mai tîrziu și în spectrul constelației Orionului și al stelelor „fixe" albe. În 1882, se regăsește dunga heliului în spectrul unei lave a Vezuviului. În sfîrșit, în anul 1895, independent unul de altul, William Ramsay și Per Theodor Cleve stabilesc că heliul este un gaz și că el este componenta principală a gazului ce se degajă la dizolvarea minereului cleveit în acizi.

Descoperirea heliului venea după descoperirea argonului[1] (1893). Erau gaze ciudate. Nu se combinau — în condiții obișnuite — cu nici un element. Erau zerovalente. După greutatea lor atomică, ele trebuiau să fie așezate în tabloul lui Mendeleev în poziții, în care părea că nu există locuri libere. Astfel, heliul de greutate atomică 4, ar fi trebuit să se găsească între hidrogen (greutate atomică 1) și litiu (greutate atomică 6,94); argonul, între potasiu și calciu. Nu răsturnau, oare, aceste descoperiri de noi elemente chiar legea periodicității, care a orientat descoperirea lor? Sau — nu cumva existau elemente care nu-și găseau locul în tabloul lui Mendeleev? Descoperirea heliului fu urmată de descoperirea kriptonului, neonului, xenonului. O întreagă grupă de elemente (zerovalente) se aliniază înaintea celorlalte. Ele își găsesc astfel locul firesc în tabloul lui Mendeleev. Legea periodicității era confirmată și consolidată de noile descoperiri. Ea deveni farul tuturor cercetărilor teoretice și practice în chimie.

Pornind de la legea periodicității și de la observațiile experimentale, spectroscopia își făurea propria teorie. Fizicienii și matematicienii descopereau relații numerice între lungimile de undă corespunzătoare diferitelor spectre ale elementelor.

În 1912, tînărul savant englez H.I. Moseley își propune să studieze sistematic lungimile de undă ale razelor Roentgen[2], obținute cu tuburi în care anticatozii sînt confecționați din diferite elemente chimice. Cercetările lui Moseley, efectuate pînă în 1914, îl duc la o interesantă descoperire, pe care o publică, puțin înainte de a fi fost ucis în război. Moseley a demonstrat, pe baza interpretării valorilor obținute din măsurări, că lungimile de undă variază după o anumită lege, și anume: rădăcina pătrată a „numerelor de undă" (valorile inverse ale lungimilor de undă) este o funcție liniară de numărul de ordine al elementului în sistemul periodic. Această regularitate demonstra, pe de o parte, sensul fizic profund al așezării elementelor în ordinea periodicității proprietăților lor fizico-chimice, iar, pe de altă parte, oferea un mijloc de corectare a așezării unor elemente în tabela periodicității. Era o dezvoltare a legii descoperite de Mendeleev, care prezisese, de altfel, dezvoltarea ulte-

[1] Vezi capitolul următor, *Surprizele anorganicii*.
[2] Vezi capitolul XXI, *Radiochimia*.

rioară și adîncirea legii periodicității, ca urmare a desăvîrșirii instrumentelor experimentale și teoretice.

Numărul de ordine înlocuia greutatea atomică ca bază a periodicității. S-a dovedit mai tîrziu, că numărul de ordine este același cu numărul de protoni din atomul nucleului. Aplicarea mecanicii cuantice la studiul structurii atomului (Niels Bohr, 1922) și elaborarea modelelor de structură atomică au pus și mai mult în evidență sensul fizic al periodicității proprietăților. Numărul de protoni[1] din nucleul atomic este egal cu cel al electronilor, care se mișcă pe diferite orbite în jurul nucleului, formînd învelișul electronic. Electronii care se mișcă pe diferite orbite de aceeași rază formează straturile electronice. Straturile succesive de electroni — în afară de ultimul — nu pot fi alcătuite decît din 2 sau 8 sau 18 sau 32 de electroni. Ultimul strat, cel mai îndepărtat de nucleu, cuprinzînd „electronii de valență", poate fi alcătuit din 1, 2 etc. pînă la 7 electroni.

Proprietățile elementelor sînt funcție de configurația electronică a învelișului. Periodic, după un anumit număr de elemente, pe măsură ce se completează un nou strat electronic, revin formații electronice asemănătoare (deși deosebite între ele prin cîte un nou strat). Această revenire periodică a formațiilor electronice asemănătoare este cauza periodicității. Numărul de electroni crește de la un element la elementul vecin în tabloul periodicității cu cîte un electron, corespunzător cu creșterea numărului de protoni (numărul de ordine). Așadar, numărul de protoni (care împreună cu neutronii determină masa atomică) determină, în ultima analiză, formația electronică, și, prin aceasta, proprietățile fizico-chimice ale elementului.

Legea periodicității se adîncește și se îmbogățește, cu fiecare pas nou, în cunoașterea structurii și proprietăților fizico-chimice ale elementelor. Ea urmează, astfel, destinul marilor descoperiri, legate de esența fenomenelor naturale.

Tabloul lui Mendeleev este un adevărat rezumat al dialecticii naturii, pe care o oglindește în căsuțele, coloanele și perioadele sale. Ea îndreptățește definiția chimiei ca știință a schimbărilor calitative ale corpurilor care se produc ca urmare a unei compoziții cantitative modificate, dată de Engels. Dacă chimia de azi nu poate fi concepută fără legea periodicității, nici științele înrudite cu ea, ca geologia și geochimia, nici biologia nici fizica actuală, care este mai ales o fizică a nucleului atomic, nu pot fi înțelese și nu se pot dezvolta, fără a ține seamă de această lege a naturii, pusă în lumină de Mendeleev.

[1] Nucleul atomic este alcătuit din particule încărcate pozitiv — protoni — și un număr egal sau ceva mai mare de particule neutre — neutroni. Greutatea (masa) atomică depinde de numărul de protoni și neutroni din nucleu, electronii avînd o masă neglijabilă în raport cu protonii și neutronii.

XXV. Surprizele anorganicii

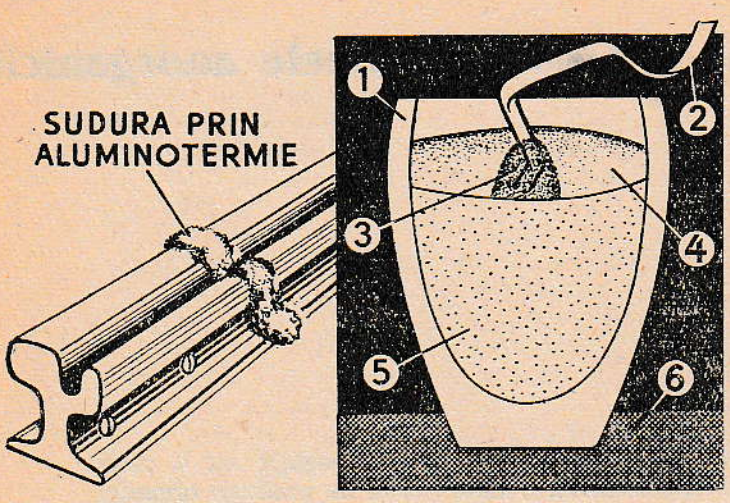
În ultimele două decenii, industria chimică s-a îmbogățit cu o serie de compuși cu proprietăți surprinzătoare. Este vorba de produșii organici ai fluorului și ai siliciului. Freonii (compușii metanului cu fluorul și clorul) și siliconii (compuși ai siliciului cu carbonul, oxigenul și hidrogenul) au găsit o asemenea largă utilizare, încît tehnica frigului, electrotehnica modernă, zeci de ramuri ale industriei moderne nu mai sînt de conceput fără acești produși, în care elementele anorganice împrumută substanțelor organice însușirile lor.

Referindu-se la viitorul chimiei, academicianul Nesmeianov arăta la Congresul „Mendeleev" din 1959 că sînt posibile tot atîtea chimii organice cîte elemente naturale există. Această conjugare a chimiei anorganice și organice, cu nesfîrșitele ei posibilități, n-ar fi de conceput, dacă în veacul trecut o serie de experimentatori îndrăzneți n-ar fi înțeles că studiul anorganicii este inepuizabil ca însăși natura. Ei au atacat probleme vechi, care păreau insolubile, cu ajutorul unei tehnici noi și în condiții noi. Au încercat efectul temperaturilor înalte și joase. Au cercetat, în lumina unor puncte de vedere teoretice noi, problema soluțiilor, a aliajelor. Au creat noi mijloace de analiză și au împins precizia determinărilor obișnuite pînă la limite care dezvăluiau aspecte necunoscute ale naturii. Au demonstrat, astfel, că nici un capitol al chimiei nu este închis.

Nikolai Nikolaevici Beketov[1] (1826—1911) scrie în 1865 lucrarea: *Cercetări asupra fenomenelor de substituție a unor elemente prin altele*. Titlul lucrării nu sună prea deosebit, dar conținutul ei a însemnat un moment nou în dramatica problemă a aluminiului și nu numai a aluminiului. Lucrarea lui Beketov, din 1865, încheia un șir de cercetări începute prin anul 1859. Un capitol al acestei lucrări era consacrat „gliniului"[2]. Cercetătorul rus formulase o teorie a substituției unor elemente prin altele și experimentase substituirea metalelor din combinațiile lor. El a ajuns, astfel, să descopere extraordinara ușurință cu care aluminiul este scos din combinațiile sale cu ajutorul magneziului. Extragerea aluminiului din criolit cu ajutorul magneziului

[1] Născut într-un sat din gubernia Penza, termină în 1844 gimnaziul din Petersburg, iar în 1849 Universitatea din Kazan (Facultatea de științe naturale). Își elaborează teza de magistru sub conducerea lui Zinin. În 1865 devine profesor la Universitatea din Harkov. I se acordă titlul de academician în 1886, an în care se statornicește la Petersburg.

[2] Nume rusesc vechi al aluminiului.



Aluminotermie după procedeul Beketov

1. Creuzet de șamotă
2. Panglică de magneziu
3. Amestec de aluminiu și peroxid de sodiu (Na_2O_2)
4. Pulberea de fluorură de calciu (CaF_2) care acoperă amestecul aluminotermic
5. Amestec aluminotermic: pulbere fină de aluminiu metalic și pulberea oxidului de metal ce urmează să fie redus
6. Nisip

ca agent reducător și-a găsit imediat aplicația industrială. Fabricile de la Rouen și Bremen foloseau metoda lui Beketov.

Cea mai interesantă observație a lui Beketov este proprietatea aluminiului de a reduce oxizii altor metale (de bariu, potasiu etc.). Reacția aluminiului în pulbere asupra oxizilor metalelor a devenit abia peste 30 de ani o metodă cu largi aplicații: aluminotermia sau „metalurgia de buzunar". Într-un simplu creuzet de material ceramic așezat pe nisip se introduce un amestec de pulbere de aluminiu metalic și de oxid al metalului ce urmează să fie izolat. Deasupra amestecului (numit termit, datorită cantității enorme de căldură ce se degajă din reacție), se pune un amestec de aluminiu și peroxid de sodiu care se aprinde cu ajutorul unei panglici de magneziu. Arderea se face sub un strat de fluorură de calciu, care, topindu-se, alcătuiește un strat de separare față de mediul exterior. Cu ajutorul acestei metode de o remarcabilă simplitate, redescoperită în 1897 de Hans Goldschmidt din Essen, s-au putut prepara în stare liberă: crom, cobalt, mangan, molibden, nichel, rubidiu, siliciu. Iar ca produs secundar, se obține pe această cale corindonul artificial (cristale de oxid de aluminiu), a cărui duritate excepțională îl face materialul cel mai potrivit pentru pietre și prafuri abrazive.

Reacția lui Beketov era una din primele surprize ale anorganicii în a doua jumătate a veacului trecut. Ea reprezintă un prim moment în istoria chimiei temperaturilor înalte.

Henri Moissan (1852-1907)

Extraordinarele succese ale sintezei organice și spectroscopia absorbeau întregul interes al chimiștilor în anii cînd Henri Moissan atrage atenția lumii oamenilor de știință, printr-unul din noile succese ale anorganicii. Acidul fluorhidric descoperit de Scheele se dovedea a fi un corp foarte asemănător cu acidul clorhidric. De aceea, Ampère elaborase încă din 1814 ipoteza existenței unui element asemănător cu clorul, pe care-l numește fluor. Dar timp de mai bine de 70 de ani acest element n-a putut fi izolat.

În anul 1886, Henri Moissan încerca să rezolve această problemă, cunoscută sub numele de „ipoteza fluorului". El încearcă electroliza acidului fluorhidric. Vaporii înecăcioși, toxici de acid fluorhidric, umpleau laboratorul. Bătrînul savant Edmond Frémy, care izbutise în 1878 să obțină (împreună cu Feil) rubin artificial, pornind de la combinații naturale ale fluorului, este silit să-i ceară lui Moissan să-și mute laboratorul, devenit un adevărat pericol, într-un vechi amfiteatru din strada Michelet. După nenumărate încercări, Moissan este gata să părăsească drumul cercetării științifice și să intre ca funcționar tehnic într-un oficiu de brevete de invenții.
La 26 iunie 1886, în preajma vacanțelor școlare, Moissan izbutește să realizeze electroliza clorurii de potasiu dizolvată în acid fluorhidric, la temperaturi joase. El obține mici cantități de fluor gazos. Folosise în lucrările sale acid fluorhidric absolut anhidru, pe care izbutise să-l prepare pentru întîia oară Edmond Frémy în 1856 prin calcinarea fluorurii de potasiu pure și anhidre într-o retortă de platină.
Necesitatea de a răci mereu aparatura îl obligaseră pe Moissan să creeze o adevărată tehnică a temperaturilor joase, care a devenit la rîndul ei instrument al unor noi cercetări.
Cu separarea fluorului, cu studiul proprietăților acestui element, Moissan deschide un nou capitol al chimiei anorganice. El prepară cu ajutorul fluorului liber o serie de compuși anorganici interesanți. În 1890: trifluorura de fosfor; în 1891 pentafluorura. Posibilitățile deschise erau practic nelimitate, datorită extraordinarei capacități de reacție a fluorului.

La temperaturi înalte

De la temperaturile joase, care i-au adus succesul izolării fluorului, Moissan trece la temperaturile înalte. În anul 1890, el îmbunătățește construcția cuptorului electric și, în cuptorul electric de construcție proprie, realizează reduceri de oxizi considerați pînă la el nereductibili.
Iată-l pe Moissan expunîndu-și în cîteva rînduri rezultatele[1]: „Oxidul de uraniu, ireductibil cu carbonul la cele mai înalte temperaturi ale cuptoarelor noastre, este imediat redus la temperatura de 3 000°. În 10 minute, se obține ușor un lingou de 120 grame de uraniu. Oxizii de mangan, de crom, sînt reduși de cărbune în cîteva clipe".
În aceeași notă, Moissan citează formarea accidentală a carburii de calciu, ca rezultat al acțiunii vaporilor de calciu asupra electrozilor de cărbune ai cuptorului electric.
Mîndru de aceste rezultate, Moissan își susține cu dîrzenie prioritatea într-o notă „Asupra preparării industriale a carburii de calciu"[2]. În această notă, Moissan atacă brevetul americanului M.L. Wilson din Carolina de Nord, arătînd, printre altele, că a studiat timp de 2 ani prepararea titanului, care nu se poate obține după metoda indicată de autorul brevetului și deci acest autor „ori n-a făcut experiențe, ori n-a făcut nici o analiză a produsului obținut".

[1] Notă în „Comptes-rendus" ale Academiei de Științe din Paris, 12 decembrie 1892.
[2] *Iibidem*, nr. 11/15, iunie 1895.

Henri Moissan

<

„Știința — spune mai departe Moissan — nu se mulțumește cu o afirmație, ea cere dovezi. Nu ajunge să spui „am obținut cutare sau cutare corp"; trebuie să dai metoda de preparare, analizele produselor obținute, formula lor de constituție și proprietăților lor".

Temperaturile înalte și cuptorul electric devin condițiile de lucru și instrumentul de predilecție al lui Moissan. Ceea ce nu era realizabil la temperaturi de 2 000 — 2 500°C, devine realizabil la temperaturi mai înalte. Anorganica mai putea deveni sursa unor noi surprize.

El alimentează cuptorul cu un curent de 1 000 amperi. Aceasta nu era un lucru simplu. Trebuiau luate măsuri speciale, și, printre altele, trebuia realizată o convenție cu societatea de distribuție a curentului, care să asigure pentru durata experiențelor întreruperea altor consumatori. Cu un curent de 1 000 amperi, la o tensiune de 700 volți, se produce în cuptor un arc electric, în care oxidul de vanadiu — obținut prin calcinarea vanadatului de amoniu — amestecat cu cărbune de zahăr se reduce pînă la metal. Vanadiul obținut este alb, de greutate specifică 5,8 și casant. Spărturile masei obținute au luciul metalic caracteristic. Și, în sfîrșit, dizolvînd carbon curat în fier lichid la temperatura arcului electric și răcind rapid topitura, Moissan obține, sub presiunea foarte înaltă realizată astfel, grăunțe de diamant artificial, de diametru pînă la 0,5 milimetri. Era o performanță extraordinară, violent contestată, care îi aducea celebritatea. Această experiență a lui Moissan — foarte greu reproductibilă — arăta ce schimbări profunde se pot efectua în condiții de temperatură și presiune mult deosebite de cele obișnuite. Abia în anii noștri, producerea diamantului artificial, pe calea indicată de Moissan, a devenit un procedeu industrial.

Cercetările lui Moissan se dezvoltă în direcția legăturilor carbonului cu metalele, a aliajelor de mare duritate, a izolării metalelor greu reductibile din combinațiile lor oxigenate.

În 1894 Moissan prepară din acetilenă și metale alcaline, la temperaturi potrivite, carbura de sodiu și de potasiu; și în același an — împreună cu Charpy — experimentează înlocuirea cărbunelui din oțel, prin bor. Obține astfel un oțel cu 0,58% bor, mai dur decît oțelul obișnuit.

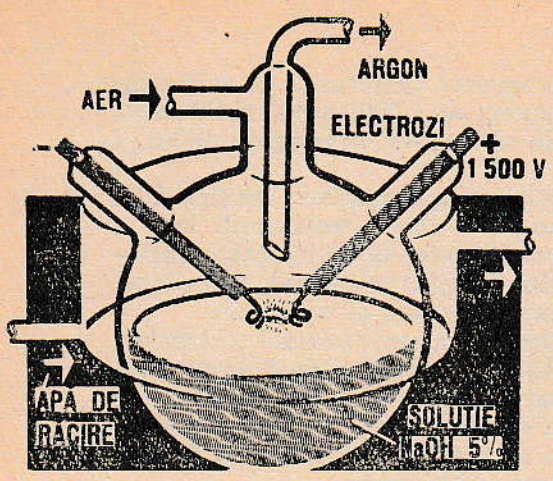
În 1895 Moissan atacă problema combinării siliciului cu metalele. Era firesc să treacă de la carbon la elementul din aceeași grupă a tabloului lui Mendeleev, imediat sub carbon. Topind fier și siliciu în cuptorul electric, obține siliciura de fier, corp alb, argintiu, dur, cristalin și casant. Pe aceeași cale,

obține siliciurile altor metale. Topind un amestec comprimat de acid titanic și cărbune în cuptorul electric, la un curent de 1 000 amperi și 60 volți, Moissan obține titan pur, metal de un alb strălucitor, care zgîrie oțelul și cristalul de munte.
După titan, Moissan atacă problema obținerii wolframului. Încălzind în cuptorul electric acid wolframic cu cărbune, el obține wolframul.
Același cuptor electric perfecționat îi dă posibilitatea să obțină calciu metalic în cantități oricît de mari. Moissan combină calciul cu arsenul, cu fosforul, obținînd pentru prima oară compușii corespunzători ai calciului.
În 1902, Moissan continuă seria cercetărilor sale asupra sintezei carburilor. Obține, prin încălzirea sodiului și potasiului în atmosferă de hidrogen, hidrurile alcaline. Cu acetilena, aceste hidruri dau carburile. Pasiunea temperaturilor înalte nu-l mai părăsește pînă la sfîrșitul vieții. În 1905, Moissan realizează performanța distilării platinei și a metalelor platinice într-un cuptor electric la un curent de 500 amperi și 110 volți.
Clasele carburilor și ale hidrurilor, precum și metalele cu punct de topire înalt, de care s-a ocupat Moissan, și-au cîștigat aplicații din ce în ce mai largi. Carbura de tantal cimentată cu nichel se utilizează azi în tehnică ca material extrem de dur. Carbura de siliciu este unul din cei mai răspîndiți abrazivi. Firele de wolfram se regăsesc în becuri electrice. Vanadiul este un admirabil adaos pentru înnobilarea oțelului. Chimia anorganică dădea răspuns problemelor esențiale ale metalurgiei. Celebra metalurgie a pulberilor, prin sinterizare[1], își are originea în lucrările lui Moissan.

„Gazul celei de-a treia zecimale"

Anorganica mai rezerva și alte surprize. În anii în care Moissan își efectua cercetările sale, savanții englezi J.W. Rayleigh și W. Ramsay se ocupau asiduu cu determinarea densității gazelor la un nivel de precizie superior față de toate determinările anterioare. Ca urmare a acestor determinări, cei doi cercetători englezi au anunțat în august 1894, printr-o notă sumară, descoperirea unui nou gaz, care se găsește în atmosferă în proporție de aproximativ 1%. Ei numiră acest gaz argon. Uimirea era generală. Cotidienele reluară informația, anunțînd cu litere mari descoperirea. Savanții își exprimau îndoiala. Se putea, oare, să fi scăpat cercetării un gaz, care se află în atmosferă în proporții de 1%? Aerul părea unul din corpurile cele mai cunoscute. Vechea bănuială a lui Cavendish părea neîntemeiată. Și iată că doi savanți de renume mondial își exprimă dorința de a expune amănunțit dovezile lor în legătură cu existența unui „nou element al atmosferei". În 1895, William Crookes face o amănunțită cercetare spectrală a argonului izolat după metoda celor doi cercetători, iar M.K. Olsewski, profesor de fizică al Universității din Cracovia, anunță lichefierea și solidificarea argonului.

[1] Tehnică metalurgică modernă constînd în contopirea și compresarea pulberilor metalice pînă la realizarea unor materiale metalice de duritate foarte mare, folosite la fabricarea pieselor active ale mașinilor de așchiere și frezare, precum și la confecționarea filamentelor de becuri etc.



Schema dispozitivului de preparare a argonului din aer, în stare gazoasă

Rar s-au pomenit în cadrul Societății regale din Londra discuții atît de animate ca cele purtate în jurul memoriului lui Ramsay și Rayleigh.

Deosebit de interesant era faptul că descoperirea s-a făcut cu o metodă simplă, care se deosebea de obișnuita determinare a densității gazelor numai prin gradul ei de precizie și prin nivelul de încredere al rezultatelor determinărilor. Argonul a fost adesea numit elementul „celei de-a treia zecimale", ca o aluzie la originea descoperirii lui. El se ascundea sub vălul celei de-a treia zecimale a valorii densității azotului.

Articolul semnat de Ramsay și Rayleigh și comunicarea lor în fața Societății regale se disting prin acea claritate și înlănțuire logică a faptelor și considerațiilor, care te obligă să urmărești rînd cu rînd, cuvînt cu cuvînt, pe autor, — și să te înclini.

Expunerea începea cu o constatare simplă: ... azotul extras din compușii chimici este cu aproximativ 0,5% mai ușor decît azotul atmosferei. Urmau datele culese din literatură și rezultatele experiențelor proprii. Diferențele erau mici, dar aproape constante. Azot din pentoxid (N_2O_5): 2,3001; azot din protoxid (N_2O): 2,2990; din nitrat de amoniu: 2,2987; din uree: 2,2985; din nitrit de amoniu: 2,2987. Valoarea medie: 2,2990.

Azotul din aerul atmosferic: 2,3103 (valoare obținută în 1892 prin metoda absorbției oxigenului cu cupru Laroche), 2,3100 (valoare obținută în 1893 prin absorbție cu fier), 2,3102 (valoare obținută în 1894 cu hidrat feros). Condițiile lucrărilor experimentale sînt expuse în amănunt. Nici o îndoială nu poate rămîne în picioare. Valoarea densității azotului atmosferic este în medie: 2,3102 față de 2,2990 — valoarea densității azotului obținut prin descompunerea compușilor chimici ai azotului.

O dată stabilită diferența dintre cele două valori, urmau argumentele pentru ipoteza existenței în aer a unui nou element. Referenții expuneau și examinau, rînd pe rînd, alte posibilități: hidrogenul ca impuritate în azotul preparat pe cale chimică, disocierea azotului chimic în atomi de azot etc. Se demonstra riguros lipsa de temei a unor astfel de presupuneri. Nu numai pe argumente logice, ci experimentînd, conservînd mostrele de azot timp de 8 luni, supunîndu-le la descărcări electrice, introducînd intenționat hidrogen în experiență. Toate aceste experiențe și concluziile lor logice duc spre unica interpretare posibilă: existența unui gaz (sau a unui amestec de gaze) necunoscut, alături de oxigen și azot în aerul atmosferei. Autorii aminteau experiențele și concluziile lui Cavendish, citînd o importantă parte din comunicarea lui Cavendish (1788). În textul citat se găsește tulburătoarea întrebare pusă de Cavendish: „N-avem oare aici un mare număr de sub-

stanțe cuprinse de noi sub această denumire de aer flogisticat (azot)"? Și concluzia exprimată de Cavendish: „Există, deci, o parte de aer flogisticat (azot) în atmosfera noastră, care se deosebește de rest și nu poate fi transformată în acid nitric. Ea constituie cel mult 1/120 din tot aerul".
Autorii expun reproducerea experiențelor lui Cavendish, izolarea gazului pe care-l bănuiesc a fi deosebit de azot, încercarea de a-l combina cu alte substanțe, și în sfîrșit, analiza spectrală a gazului și compararea spectrului obținut cu cel al azotului. Urmează descrierea metodei de izolare a noului element, pe care, datorită inerției lui chimice, îl numesc, argon. Și apoi: stabilirea densității, cercetarea spectroscopică și fotografiile spectrului argonului (după lucrările lui Crookes), solubilitatea argonului în apă, obținerea argonului în stare lichidă și solidă (de către M. Olsewski), determinarea căldurii specifice, încercările de a arde și combina argonul și concluziile care se referă la natura gazului izolat și la poziția elementului (dacă este vorba de un element), în tabela lui Mendeleev.
Numărul de experiențe descrise de Ramsay și Rayleigh, pentru a respinge rînd pe rînd ipotezele false și pentru a confirma concluziile lor, succesiunea cronologică și logică a descrierii experiențelor și rezultatelor, luciditatea în urmărirea obiectului cercetării dau lucrării acel caracter de certitudine și soliditate, care insuflă încredere.
Participanții la ședința în care s-a făcut comunicarea (printre care se numărau Kelvin și Armstrong) ating cu emoție ampulele de gaz aduse de autori. Gazul este invizibil, dar oamenii sînt convinși că între pereții de sticlă ai ampulei se găsesc moleculele unui element pînă atunci necunoscut.
Paginile revistelor științifice din anul 1895 sînt pline de comunicări în legătură cu argonul. James Dewar lichefiază argonul cu mijloacele create de el pentru cercetări la temperaturi foarte joase. În revista „Nature" și „Revue Generale des Sciences", Gladstone și Boisbaudran discută poziția argonului în tabloul lui Mendeleev. Se subliniază faptul că spectrul argonului este în realitate un amestec de spectre. În afară de experiențele lui Crookes, se demonstrează pluralitatea spectrelor printr-o experiență simplă: un tub de argon adus de Ramsay într-unul din laboratoarele Școlii Politehnice din Paris prezintă o luminescență care trece de la roșu la albastru, cînd se introduce în circuitul de producere a descărcărilor electrice o rezistență suplimentară.
Se pune curînd în evidență existența heliului în aerul atmosferei — de către același Ramsay....
În 1897, prin distilarea fracționată a argonului brut, se descoperă xenonul (gazul străin), cel mai rar dintre gazele rare. În 1898, își face apariția kriptonul (gazul ascuns) și neonul (gazul cel nou), izolate prin distilarea fracționată a aerului lichid. O grupă de elemente, grupa zerovalentelor, se dezvăluie astfel în curs de cîțiva ani. Sursa de obținere a elementelor zerovalente este inepuizabilă: oceanul atmosferic.
Anorganica își sărbătorea acest nou triumf la sfîrșitul veacului trecut.
Era în fond rodul unei extinderi a limitelor de temperatură: în jos spre zero absolut și în sus, spre cele mai înalte temperaturi la care substanțele își păstrează structura de molecule sau fragmente de molecule — grupe de atomi.

„Chimia caldă"

Veacul al XX-lea cunoaşte dezvoltarea „chimiei temperaturilor înalte" şi a fizicii temperaturilor joase. Fizica temperaturilor joase a dezvăluit proprietăţi neobişnuite ale substanţelor în apropierea lui zero absolut şi a realizat astfel aplicaţii neaşteptate, în domeniul materialelor folosite la construcţia maşinilor electronice de calcul.

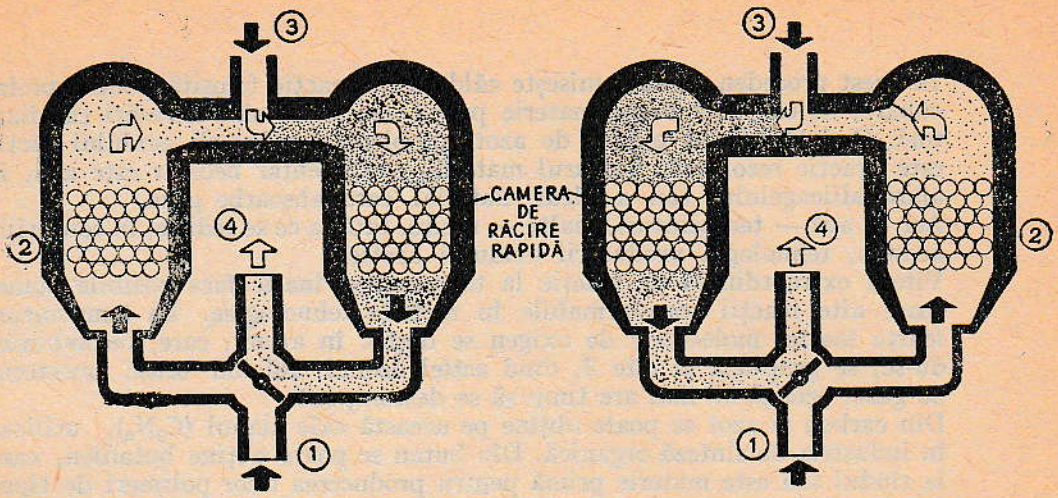
Chimia temperaturilor înalte a dus la crearea unor tehnologii noi, mai productive, mai rapide, mai corespunzătoare cu ritmul general al tehnicii moderne.

Temperaturile de 1 000°C se obţin relativ uşor, în cuptoare electrice încălzite cu rezistenţe de aliaj de nichel şi crom. Măsurarea se face simplu, cu termocuple platin—platin rodiu. La 1 500°C, înfăşurarea de sîrmă de nicrom (aliaj de nichel şi crom) trebuie să fie înlocuită cu înfăşurare de sîrmă de platină sau cu bastoane de carbură de bor, iar vasele de cuarţ, utilizabile pînă la 1 200°C, lasă locul vaselor de ceramică. Termocuplul mai poate fi folosit şi aici. Peste 2 000°C însă, sursa de căldură nu mai poate fi decît arcul electric, cuptorul solar, flacăra directă sau inducţia electrică în topituri metalice. Instrumentul de măsurare a temperaturii este pirometrul optic. Se poate face analiza materialelor la aceste temperaturi cu ajutorul spectrometrului cu raze Roentgen sau al spectrometrului de masă. Dificilă este problema vaselor de reacţie. Materiale termorefractare, care să reziste la temperaturi de peste 2 000°C sînt astăzi produse prin procedee speciale. Sînt acele materiale care formează şi pereţii rachetelor cosmice, care trebuie să reziste la temperaturile pe care le dă frecarea navelor în oceanul atmosferic în timpul înălţării şi întoarcerii lor.

Pe măsură ce aceste dificultăţi tehnice sînt învinse, o lume nouă se deschide în faţa chimiştilor. La temperaturi de peste 2 000°C, puţine sînt substanţele care îşi păstrează starea solidă. Mai toate corpurile se transformă în gaze, cu molecule simple, de o reactivitate neobişnuită. Regulile de valenţă nu mai sînt respectate în acest domeniu. La peste 4 000°C, numai moleculele foarte stabile de oxid de carbon (CO) îşi mai păstrează individualitatea. La peste 10 000°C avem doar atomi şi ioni. Aici, reacţiile chimice nu se mai pot produce.

Natura, acest uriaş laborator model, ne dă exemple de reacţii ce pot avea loc la temperaturi înalte şi de modul cum pot fi captate produsele acestor reacţii de mare viteză, prin evitarea descompunerii moleculelor o dată formate. Vulcanii produc bioxid de carbon (CO_2), metan (CH_4), hidrogen sulfurat (H_2S), acid clorhidric (HCl), acid fluorhidric (HF), amoniac (NH_3). Nu se cunosc încă destul de bine condiţiile formării acestor substanţe, dar este sigur că ele se formează la temperaturi foarte înalte şi — prin răcire — se stabilizează păstrîndu-şi individualitatea de molecule ale unor corpi compuşi. Fulgerele produc cantităţi apreciabile de oxizi de azot, din azotul şi oxigenul atmosferei. Dacă nu s-ar produce în atmosferă, în jurul descărcărilor electrice dintre nori, o răcire bruscă, atunci oxizii de azot, produşi prin efectul căldurii, din azotul şi oxigenul aerului, s-ar descompune imediat. Or, se poate constata existenţa oxizilor de azot în atmosferă.

Aşadar, iată calea obţinerii oxidului de azot, fără catalizatori ca în procedeul lui Haber, pornind de la aceeaşi materie primă inepuizabilă, aerul.



Cuptor de sinteză a oxidului de azot din aer, prin procedeul răcirii rapide a produsului de reacție

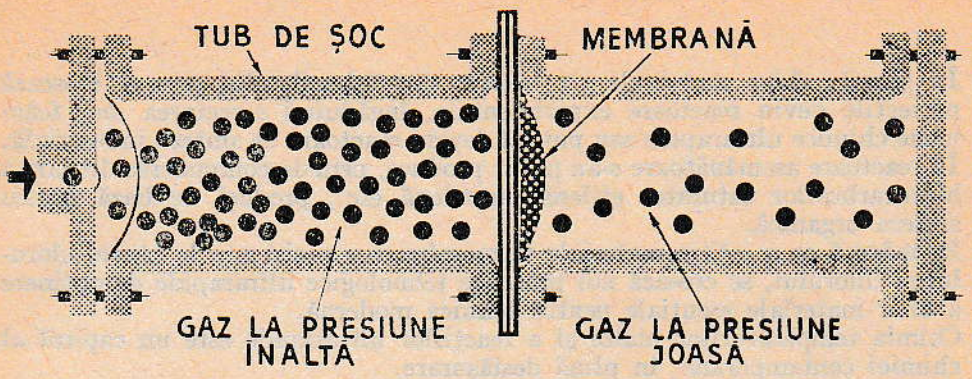
1 și 3 — tuburi de admisie a materiei prime (aerul) și a gazelor combustibile
2 — perete de cărămidă refractară (magnezie pură)
4 — ieșirea produsului de reacție (gaze conținînd peste 2% oxid de azot)
Cercurile reprezintă granulele de magnezie din interiorul camerelor de încălzire și răcire
Sensul circulației gazelor alternează, cele două camere schimbîndu-și rolul (încălzire prealabilă — răcire) în momentul în care gazele ieșite din camera de răcire depășesc 300°C

Iată dar un model natural de reacție, care poate duce ușor la obținerea acidului azotic și de aici la îngrășăminte și explozivi.

Chimia temperaturilor înalte a rezolvat această problemă, creînd o tehnologie de mare productivitate.

Instalația este un cuptor simplu cu două camere, căptușite cu cărămizi de magnezie (oxid de magneziu) foarte pură, material termorefractar. Fiecare din cele două camere ale cuptorului este umplută cu granule sferice de magnezie. Un dispozitiv de pompare și comutare permite trecerea unui curent de aer printr-un grătar într-una din camere și ieșirea curentului prin cealaltă cameră, precum și inversarea sensului curentului, astfel încît el să intre prin camera a doua și să iasă prin cea dintîi. Intrînd în prima cameră, aerul se preîncălzește pînă la 300°C, apoi trece printr-un canal unde se găsește focarul, încălzindu-se pînă la 2 100°C, temperatură la care oxidul de azot nu se mai descompune. E ca și cum s-ar „căli" oxidul de azot. Pînă la ieșirea din camera a doua, temperatura amestecului scade pînă la 300°C. Inversîndu-se curentul de aer, acesta găsește în camera a doua temperatura de preîncălzire de 300°C, se încălzește pe măsură ce străbate camera, ajunge în canalul în care arde combustibilul și străbate — după atingerea temperaturii de 2 100°C — camera întîi, devenită cameră de răcire. Procesul continuă mereu în acest fel: preîncălzire, încălzire, răcire. Toată problema constă în potrivirea debitului de aer și a straturilor de magnezie, astfel încît „programul" încălzirii și răcirii să decurgă conform necesităților procesului. Pînă la urmă se realizează un echilibru termic: la baza cuptorului 300°C, în zona de reacție 2 100°C.

În acest procedeu se economiseşte căldura de reacţie folosită pentru preîncălzire, se consumă drept materie primă aer şi nu sînt necesari catalizatori. O dată produs oxidul de azot, problema producerii acidului azotic este practic rezolvată. Singurul material suplimentar necesar este apa, în afara silicagelului sau a altui material care absoarbe gaze.
Aer — apă — temperaturi înalte — răcire. Iată la ce se reduce, în condiţiile acestea, tehnologia producerii acidului azotic.
Viteza extraordinară de reacţie la temperaturi înalte face posibile numeroase alte reacţii transformabile în metode tehnologice. La temperaturi foarte înalte, moleculele de oxigen se desfac în atomi, care, recombinîndu-se, se grupează şi cîte 3, dînd astfel ozonul. Răcind brusc amestecul de gaze, ozonul nu mai are timp să se descompună.
Din carbon şi azot se poate obţine pe această cale cianul (C_2N_2), utilizat în industria de sinteză organică. Din butan se poate obţine butadien, care la rîndul său este materie primă pentru producerea unor polimeri de tipul cauciucului.
La temperaturi înalte substanţele organice se desfac în radicali liberi; în anumite condiţii aceştia se recombină apoi prin reacţii în lanţ, formînd astfel molecule de mase plastice.
Un cîmp uriaş de cercetare şi producţie este deschis de „chimia temperaturilor înalte", chimia reacţiilor în zona în care moleculele se desfac în grupe atomice de mare reactivitate, în care viteza reacţiilor este practic instantanee.
Chimia temperaturilor înalte este un capitol al studiului şi aplicaţiilor reacţiilor ultrarapide.
În conul strălucitor al flăcării becului Bunsen se desfăşoară reacţii pentru a căror urmărire cu mijloace obişnuite ar fi necesară reducerea de mii şi milioane de ori a vitezei. Evident însă că, în asemenea condiţii, reacţiile de combustie nu s-ar mai produce. Flacăra slabă a chibritului, care aprinde curentul de gaz ce străbate tubul becului Bunsen, dă impulsul necesar pentru dezlănţuirea reacţiilor ultrarapide din flacăra de gaz. Moleculele de propan şi butan din gazul combustibil se rup în „aşchii" moleculare: radicali liberi (metili şi etili), atomi de carbon şi atomi de hidrogen. Aceste fragmente de moleculă fiind instabile, se combină şi se descompun în timpi ce se măsoară cu microsecunda (milionime de secundă). S-a calculat că — în medie — o reacţie elementară în zona strălucitoare a flăcării se petrece în aproximativ 10 microsecunde (1/100 000 dintr-o secundă). În flacăra de oxigen a sudorilor, reacţiile sînt şi mai rapide. Ele se petrec în curs de aproximativ 1 microsecundă. Exploziile sînt şi ele rezultatul acumulat al unor reacţii ultrarapide, cu timpi de ordinul microsecundelor. În motoarele cu reacţie ale rachetelor, vitezele de reacţie depăşesc aceste limite.
Mai ales problemele practice legate de motoare cu reacţie au impus în ultima vreme cercetarea fenomenelor chimice ultrarapide, a declanşării şi conducerii controlate a acestor reacţii în vederea folosirii cu randament maxim a combustibilului şi pentru evitarea produşilor corosivi ai reacţiilor secundare (cum ar fi acidul azotic).
S-a ivit astfel necesitatea elaborării unor metode potrivite de cercetare a acestor schimbări care se produc în ritm de zeci de mii, sute de mii şi milioane pe secundă. Retortele cuminţi ale trecutului nu puteau răspunde



Schema tubului pentru reacții ultrarapide (prin șoc exploziv) între gaze

acestor probleme, și nici polarimetrele în care viteza reacției se poate urmări cu ochiul liber și cronometrul obișnuit. Noua tehnică experimentală impusă de studiul reacțiilor ultrarapide cerea reactoare de mare rezistență, aparate de măsurat timpul în microsecunde, aparate fotografice care să prindă imagini în mai puțin de o sutime de miime de secundă, sisteme automate de declanșare și urmărire a fenomenelor. Ochiul și mîna chimistului experimentator trebuiau să cedeze locul unor instrumente de sensibilitate și viteză de răspuns de sute de ori mai mare decît aceea pe care o îngăduie limitele fiziologice ale organismului uman. Asemenea procedee experimentale sînt în funcție în laboratoarele zilelor noastre.

Una din primele instalații de urmărire a reacțiilor rapide a fost creată prin anul 1930. Dintr-un tub de sticlă, printr-o duză fină, se injectează vapori de sodiu într-un tub mai larg, prin care trece un curent de molecule de fluor, clor, brom sau iod (halogeni) transportate de un gaz inert. Pătrunzînd în atmosfera de gaz halogen, sodiul se combină spontan cu el, reacția fiind însoțită de producerea unei flăcări. Un termometru optic cu răspuns rapid măsoară temperatura flăcării și un spectrograf analizează automat produșii de reacție din flacără. Cu același dispozitiv s-a putut urmări reacția dintre triclorura de bor și diferite metilamine.

Un alt dispozitiv mai nou este compus dintr-un tub masiv despărțit printr-o diafragmă de masă plastică sau cauciuc, în două camere. Într-o cameră se găsește un gaz ușor (oxigen sau hidrogen) la presiune mare, iar în cealaltă cameră un gaz mai greu, la presiune joasă. Gazul ușor, încălzit brusc sau aprins sub acțiunea unei scîntei electrice, sparge, datorită suprapresiunii, diafragma de separare și produce o undă de șoc în gazul greu din camera de joasă presiune. În zona de contact dintre gaze se produc reacții rapide, iar viteza de mișcare a frontului undei, care este limita unei flăcări, e o măsură a vitezei de reacție.

S-au înregistrat în această flacără temperaturi mai mari de 10 000°C. Dispozitive electronice cu oscilografe măsoară caracteristicile flăcărilor.

Alte metode experimentale folosesc acțiunea unui impuls luminos pentru declanșarea reacțiilor. Un fascicul luminos intens, emis de un bec puternic, determină începutul unei reacții explozive între vapori de sodiu și iod, într-o cameră de cuarț. Reacția se urmărește cu spectrograful de scînteie. Ea este ceva mai lentă decît cele provocate în alte dispozitive de studiu al reacțiilor ultrarapide și de aceea este mai ușor observabilă.

În sfîrșit, chiar motoarele cu reacție sau tuburile din care se lansează proiectile devin reactoare experimentale, îngăduind cercetarea unor fenomene chimice ultrarapide sau putînd deveni reactoare de sinteză industrială. În reactoare asemănătoare s-au putut produce, prin descompunerea dirijată a hidrocarburilor saturate: etilenă, acetilenă etc., produși de bază pentru sinteza organică.

Pe măsură ce se obțin materiale termorefractare rezistente la atacul clorului și fluorului, se creează noi procedee tehnologice ultrarapide de obținere a unor materiale esențiale pentru tehnica modernă.

Chimia temperaturilor înalte și a reacțiilor ultrarapide este un capitol al chimiei contemporane, în plină desfășurare.

„Ne putem aștepta la noi și însemnate descoperiri, ca urmare a studierii fenomenelor naturii în condițiile unor temperaturi extrem de joase sau extrem de mari..." spune în raportul său *„Știința sovietică în construirea comunismului*[1], academicianul V.M. Keldîș, președintele Academiei de Științe a U.R.S.S., referindu-se la cercetarea experimentală în toate domeniile științei, în condiții-limită.

În același raport se schițează — pentru domeniul chimiei — ca una din liniile directoare ale cercetărilor: „Se impune extinderea considerabilă a cercetărilor în domeniul reacțiilor în condițiile unor temperaturi și presiuni supraînalte, precum și la temperaturi scăzute.

Există temeiul să se presupună că prin aceasta se vor putea obține reacții chimice cu viteze foarte mari și, probabil, va deveni posibilă obținerea unor substanțe ce nu pot fi sintetizate în condiții obișnuite".

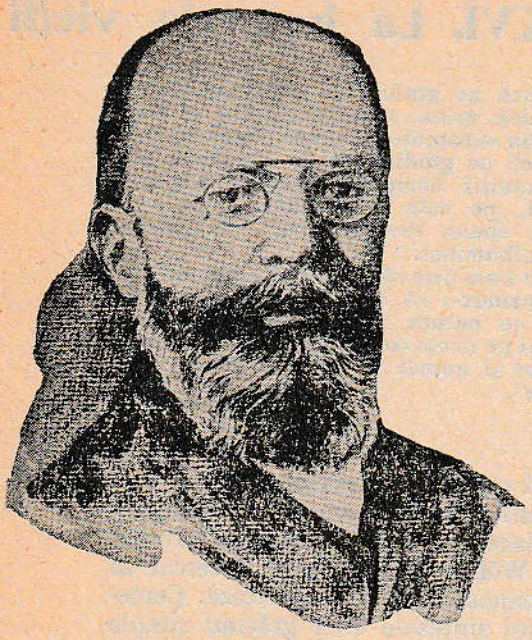
[1] Raport ținut la Consfătuirea unională a lucrătorilor științifici din U.R.S.S., din 12—14 iunie 1961

XXVI. La hotarele vieții

„...Dacă ne gîndim că prima substanță organică, ureea, a fost preparată de Wöhler, din substanțe anorganice abia în 1828 și dacă ne gîndim cît de numeroși sînt așa-numiții compuși organici preparați astăzi, pe cale artificială... nu-i vom putea spune desigur stop! chimiei în fața albuminei.
...Dar i-am cere să săvîrșească un miracol, pretinzîndu-i să facă de la o zi la alta ceea ce natura însăși reușește să facă numai pe unele corpuri cerești în milioane de ani și numai în condiții foarte favorabile".

FR. ENGELS

Chiar de la începuturile istoriei chimiei organice, experimentatorii s-au apropiat de infinitul și pasionantul domeniu de cercetare pe care-l reprezintă fenomenele vieții. Lavoisier și Laplace încercau să măsoare căldura animală. După decisiva sinteză a ureii, Wöhler și Liebig au încercat să separe substanțe chimice din plante, să le cunoască, să le sintetizeze. Cercetările lui Berthelot asupra grăsimilor, apoi sintezele unor grăsimi simple și ale primelor zaharuri focalizau atenția experimentatorilor spre substanțele care se găsesc în cantitate mare în organismele vii.
Un lucru era clar de la început: alimentele necesare vieții trebuiau cercetate în primul rînd. Sigur că oricît de cunoscute ar fi devenit însușirile și structura chimică a alimentelor, toate acestea nu puteau însemna decît un început firav în istoria cunoașterii proceselor vieții. Dar începutul trebuia făcut și reprezenta un uriaș program de lucrări experimentale.
Cînd Liebig își încheia activitatea, se ajunsese la o clasificare destul de temeinică a substanțelor chimice componente ale alimentelor, substanțe care erau în același timp părți componente ale țesuturilor vii, vegetale și animale. Zaharuri, grăsimi și albumine, acestea erau cele trei grupe de corpuri care se regăseau în orice organism viu. Primele două grupe erau alcătuite din trei elemente — carbon, hidrogen și oxigen — și de aceea căpătară numele de substanțe ternare; ultimul grup, al albuminelor, era o clasă de substanțe în alcătuirea cărora se regăsea ca al patrulea element esențial azotul, de aceea căpătară numele de cuaternare.
Așadar, zaharuri, grăsimi și albumine.
Nici un chimist nu-și făcea iluzia că, reproducînd în laborator sintezele acestor substanțe, s-ar fi epuizat problemele chimiei proceselor biologice. Dar că acesta era un prim pas, obligator, de asta nu se îndoia nimeni. Zaharurile se impuneau cu deosebire interesului organicienilor, la sfîrșitul veacului trecut. Ele fuseseră de la început recunoscute ca adevărate depozite de energie chimică obținută prin transformarea — de către plante — a energiei solare.
Din zahărul obținut prin fotosinteză, în frunzele verzi, se realizează în organismele plantelor și animalelor sinteze de grăsimi și de albumine. În ultimă analiză, animalele, hrănindu-se cu produsele de sinteză ale plantelor, sînt tributare acestor zaharuri sintetizate în plante.



Emil Fischer

<

Se descopereau în plante zaharuri mai complicate, care aveau și alte funcțiuni decît aceea de sursă și depozit de energie pentru viața plantelor. Celuloza, acest material universal de construcție a membranei celulelor vegetale, se dovedea a fi și ea un zahăr, un „polizaharid". În feculii de cartofi, în boabele de cereale, în orez, se descoperea amidonul, și el un polizaharid ușor decompozabil în zaharuri mai simple. În sîngele animal, analiza descoperea un procent aproape constant de zahăr. Problema analizei sistematice, și mai ales a sintezei zaharurilor, se impunea chimiștilor organicieni în epoca în care se depășiseră dificultățile de început ale sintezei organice.

Interesantele descoperiri ale lui Pasteur cu privire la activitatea rotatorie asupra luminii polarizate își găseau un larg cîmp de aplicare în domeniul zaharurilor naturale, care puteau fi descompuse mai întotdeauna în componenți dextro — și levogiri.

Era o cale care oferea perspective interesante. Pe această cale s-au angajat elevul lui Adolf Baeyer, Emil Fischer[1] (1852—1914), și chimistul rus Alexandr Alexandrovici Kolli (1840—1916) urmați de o întreagă pleiadă de organicieni, care au izbutit să ridice impunătorul edificiu al chimiei zaharurilor.

După celebra sinteză a lui A.M. Butlerov, din 1861, A.A. Kolli și-a propus să stabilească, pe cale experimentală, structura monozaharidelor. Înaintea lui, Berthelot ajunsese, tot pe cale experimentală, la concluzia că glucoza este un alcool polivalent, adică un corp organic cu mai multe grupe OH în moleculă. Experiența care-l dusese pe Berthelot la această concluzie a fost reacția de esterificare a glucozei cu acizi organici. Faptul că prin încălzirea glucozei cu acizi organici se obțin esteri — de același tip cu grăsimile (esteri ai trialcoolului glicerină) atît de amănunțit studiate de Berthelot — îl îndreptățeau să considere că glucoza este un alcool polivalent.

În 1869, Kolli atacă aceeași problemă a constituției glucozei. Trebuia să se stabilească dacă glucoza are tot atîta grupe hidroxilice (alcoolice: OH) cîți carboni are, sau nu. Dacă glucoza este un polialcool de tipul glicerinei

[1] A fost profesor de chimie la Erlangen și Würzburg, apoi (începînd cu anul 1892) la Berlin. Distins cu Premiul Nobel pentru chimie în anul 1902 și cu Medalia Berzelius în anul 1911. Și-a împletit viața cu cercetarea celor mai pasionante probleme pe care le-a ridicat chimia în ultimul sfert al veacului al XIX-lea. În afară de lucrările pomenite în paginile acestei cărți, a sintetizat veronalul.

sau mai există și grupe nealcoolice în moleculă și deci neesterifiabile. Kolli se folosește de o reacție a glucozei cu clorura de acetil ($CH_3—COCl$), interesantă prin aceea că ea decurge — practic — cantitativ. Realizînd produsul de reacție dintre glucoză și clorură de acetil, el ajunge la rezultatul că în molecula glucozei intră patru grupe acetil ($CH_3—CO$) și un atom de clor, esterificîndu-se astfel 5 grupe alcoolice. Așadar, al șaselea atom de oxigen din molecula de glucoză nu face parte dintr-o grupă alcoolică. Deoarece glucoza poate fi oxidată mai departe pînă la un acid cu 6 atomi de carbon, înseamnă că glucoza reacționează ca un pentaalcool și ca o monoaldehidă. Pe baza acestor experiențe, Baeyer, profesorul lui E. Fischer, și Fittig propun, pentru glucoză în 1870—1871, o formulă care cuprinde 5 grupe alcoolice (—OH) și una aldehidică $\left(-C\begin{matrix}H\\ \diagup\\ \diagdown\\ O\end{matrix}\right)$

Emil Fischer (1859-1919)

Aici se aflau lucrurile cînd Emil Fischer trece la cercetările sale asupra aldehidelor[1]. Era în anul 1875. Pe vremea aceea atenția organicienilor germani era îndreptată spre coloranții organici de sinteză. Trei chimiști descoperă, în acest an, simultan, un prim reprezentant al unei noi clase de coloranți organici, așa-numiții coloranți azoici. Substanța obținută era „galbenul crisoidin". Cei 3 chimiști erau H. Caro, P. Greiss și O. Witt, ultimul dintre ei fiind și cel care a introdus în fabricație colorantul sintetizat. Coloranții din familia crisoidinei au în molecula lor un grup de 2 atomi azot, cu o anumită structură, numit *diazo* și un rest benzenic. Sînt deci derivați *diazobenzenici*. Ei se prepară printr-o succesiune de reacții, dintre care prima este combinarea anilinei cu acid azotos și acid clorhidric (reacția de diazotare). Al doilea pas al sintezei constă în combinarea sării de diazoniu cu sulfit de sodiu sau potasiu. Se obține diazobenzensulfonatul de sodiu sau potasiu. De la această sare organică pornește Emil Fischer. O hidrogenează cu ajutorul bioxidului de sulf, o hidrolizează și obține astfel o substanță, lichid incolor la temperaturi peste 20°C, cristalizînd la această temperatură, cu punct de fierbere 241°C. Substanța era fenilhidrazină: $C_6H_5 — NH — NH_2$. Acest corp era deosebit de interesant pentru Fischer. În aer, el se oxidează încet, colorîndu-se în roșu-brun. Este un agent reducător deosebit de puternic, avînd atomi de hidrogen foarte reactivi în moleculă. Cu aldehidele și cetonele, fenilhidrazina dă compuși caracteristici, colorați și cristalini. Această reacție, care consta în unirea moleculei de fenilhidrazină cu cea de aldehidă sau cetonă, prin eliminare de apă, se arăta a fi caracteristică pentru aldehide și cetone.

Orice grup aldehidic sau cetonic ($—C=O$) se unea cu fenilhidrazina și dădea un compus ușor izolabil.

[1] Substanțe organice în molecula cărora există grupa de atomi $—C\begin{matrix}H\\ \diagup\\ \diagdown\\ =O\end{matrix}$; aldehidele prezintă proprietăți reducătoare, datorită hidrogenului activ din grupa aldehidică.

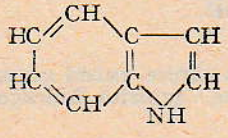
Fischer avea în mînă un instrument chimic de descoperire a grupurilor aldehidice sau cetonice caracteristice pentru zaharuri. Cu ajutorul fenilhidrazinei, el izbutea să stabilească precis existența și locul grupărilor aldehidice și cetonice în zaharuri. El confirma astfel ipoteza lui Fittig și a sa proprie din 1870—1871.

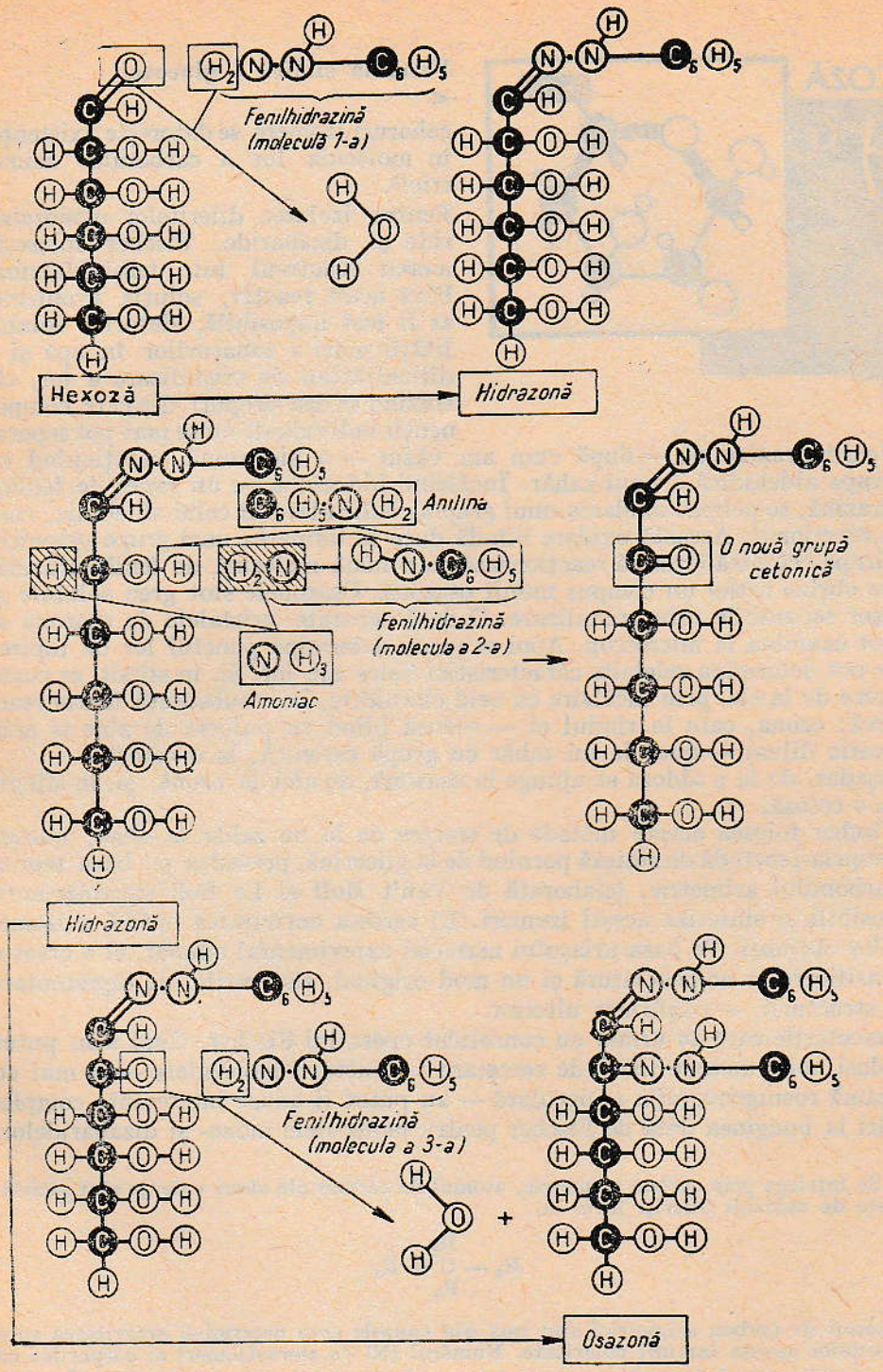
Structura zaharurilor

După o serie de lucrări împreună cu Otto Fischer (1878) asupra coloranților, — lucrări din care a rezultat constituția colorantului fucsină — și după folosirea fenilhidrazinei (1883) la prepararea unor derivați ai indolului[1], Emil Fischer atacă în 1890, pe cale experimentală, problema structurii zaharurilor. Era o problemă complicată și grea. Ea presupunea o ipoteză solidă de lucru, care să explice variatele proprietăți ale zaharurilor: unele active asupra luminii polarizate, altele nu, unele reducătoare, altele nu; unele formate dintr-un schelet de 5 atomi de carbon, altele cu 6 atomi, altele cu 12 sau alt multiplu al lui 6. Trebuiau inventate mijloacele chimice de demonstrare a structurii; prevederile teoriei trebuiau confirmate prin sinteze.

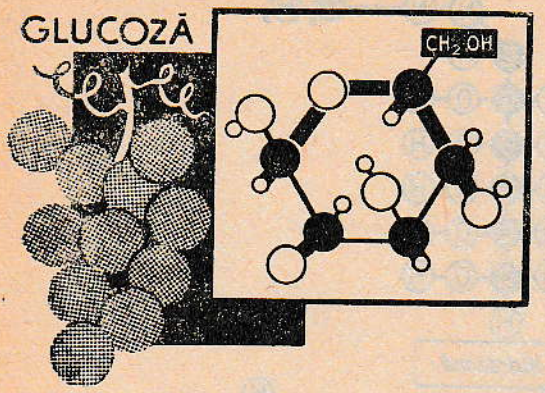
Pornind de la lucrările predecesorilor săi, Fischer simplifică scrierea formulelor zaharurilor cunoscute și realizează o serie de sinteze, care au rămas un exemplu clasic de metodică de cercetare în chimia organică. El pornește pe o cale de sinteză, de la glicerină. Își pune problema să transforme una din grupele alcoolice ale glicerinei în grupă aldehidică. Aceasta ar fi însemnat, de fapt, obținerea unui zahăr cu 3 atomi de carbon, compus dialcoolic și monoaldehidic. A transforma o grupă alcoolică în grupă aldehidică însemna a oxida o singură grupă alcoolică din glicerină — , cu grijă maximă, astfel încît să nu meargă pînă la acid. Ca mijloc de oxidare blîndă, Fischer folosește acidul azotic diluat sau apa de brom și carbonatul de sodiu. El obține astfel un corp care dă reacțiile caracteristice monozaharidelor. Fiind derivat al glicerinei, Fischer numește acest zahăr cu 3 atomi de carbon — gliceroză. Din gliceroză sau formaldehidă obține glucoza (zahăr de struguri) și fructoza (zahăr de fructe). Acționînd cu acid clorhidric concentrat la rece asupra glucozei, obține un dizaharid sintetic, izomaltoza. Fischer își propunea să limpezească întreaga problematică a zaharurilor. O vagă idee despre complexitatea problemei ne-o poate da numărul zaharurilor. Numai monozaharidele sînt în număr de aproximativ 70, dintre care 20 se găsesc în natură, iar celelalte sînt produși sintetici. Numărul mare de

[1] Substanță heterociclică, cu formula:





Reacţiile de formare a osazonelor



Formula ciclică a glucozei

<

zaharuri izomere se datorește existenței în molecula lor a carbonilor asimetrici[1].

Pentru izolarea diferitelor monozaharide și dizaharide, Fischer folosește mereu reactivul lui: fenilhidrazina. Fără acest reactiv, soluția problemei ar fi fost imposibilă, datorită solubilității mari a zaharurilor în apă și a dificultăților de cristalizare a lor, ele tinzînd să dea siropuri, din care componenții individuali nu se mai pot separa.

Fenilhidrazina dă — după cum am văzut — o hidrazonă, reacționînd cu grupa aldehidică a unui zahăr. Încălzind hidrazona cu un exces de fenihidrazină, se petrece oxidarea unui grup alcoolic alăturat celui aldehidic, care a reacționat. Această oxidare blîndă duce la formarea unei grupe cetonice. Grupa cetonică formată reacționează cu o nouă moleculă de fenilhidrazină. Se obține astfel un compus numit osazonă. Osazonele sînt greu solubile și ușor separabile prin cristalizare. O dată separate, cristalele de osazonă se pot examina la microscop. Apoi se poate determina punctul lor de topire; se pot determina celelalte caracteristici fizice ale lor. Și, în sfîrșit, se poate trece de la ele, prin încălzire cu acid clorhidric, la o substanță foarte reactivă: ozona, care la rîndul ei — redusă blînd cu pulbere de zinc și acid acetic diluat — duce la un zahăr cu grupă cetonică, la o cetoză.

Așadar, de la o aldoză se ajunge la osazonă, de aici la ozonă, și, în sfîrșit, la o cetoză.

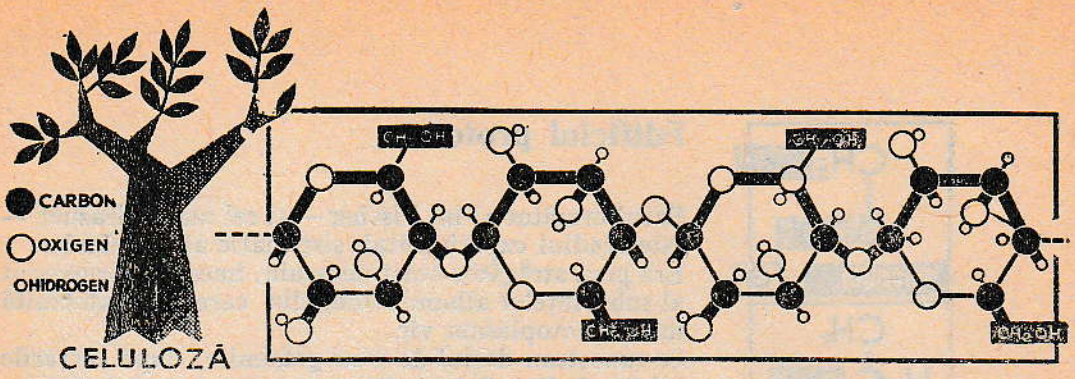
Fischer folosea aceste metode de trecere de la un zahăr la altul, folosea propria-i metodă de sinteză pornind de la glicerină, prevedea pe baza teoriei carbonului asimetric, (elaborată de Van't Hoff și Le Bel) stereoizomerii posibili și sintetiza acești izomeri. El cerceta activitatea optică a izomerilor obținuți. Pe baza uriașului material experimental adunat, el a creat o clasificare, o nomenclatură și un mod original, sistematic, de reprezentare a structurii, — confirmat ulterior.

Cercetările care au urmat au consolidat opera lui Fischer. Cînd s-au putut folosi noile metode fizice de cercetare a structurii moleculare — și mai cu seamă roentgenografia moleculară — au putut fi aduse interesante completări la imaginea dată de Fischer pentru moleculele mono- și dizaharidelor.

[1] Se înțelege prin carbon asimetric, atomul de carbon ale cărui valențe sînt satisfăcute de radicali diferiți între ei.

$$R_4 - \overset{R_1}{\underset{R_3}{C}} - R_2$$

Atomii de carbon asimetrici sînt una din cauzele care determină activitatea substanțelor asupra luminii polarizate. Numărul (N) de stereoizomeri ai corpurilor cu mai mulți atomi de carbon asimetrici se calculează după formula: $N = 2^n$, unde n = numărul de atomi de carbon asimetrici în moleculă.



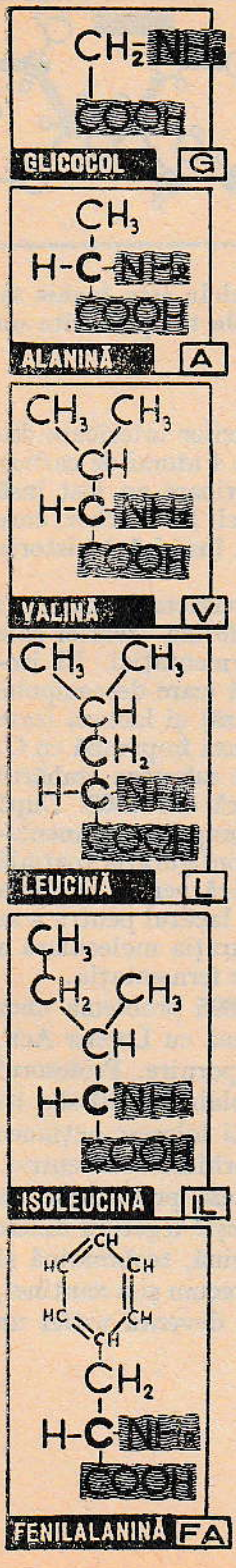
Formula policiclică a polizaharidului celuloză. Fiecare ciclu este închis de cîte un atom de oxigen, iar ciclurile sînt legate între ele tot prin cîte un atom de oxigen

S-a putut — de pildă — pune în evidență existența ciclurilor interioare din moleculele mono- și polizaharidelor, cicluri de cîte 5 sau 4 atomi de carbon legați prin punți de oxigen. Toate aceste cercetări ulterioare au fost însă posibile pe baza materialului experimental și a sistematicii lui Fischer, care la rîndul lui a plecat de la prima sinteză a unui zahăr, înscrisă în istoria chimiei organice de către Butlerov.

Între 1891 și 1893, Fischer își definitivează lucrările consacrate structurii zaharurilor și atacă studiul experimental — de pe platforma teoriei sale asupra constituției stereoizomere a zaharurilor — al fermentației. El izolează din celulele de drojdie, în 1894, fermentul maltază (care descompune dizaharidul natural, maltoza, în două molecule de glucoză) și lactaza (care hidrolizează dizaharidul lactoză). În anii următori, izolează împreună cu O. Lindner din *Monilia candida* un ferment care descompune zaharoza (zahărul de trestie și sfeclă) la fel ca și invertaza, cunoscută încă din 1860. După aceste descoperiri experimentale, el elaborează o teorie proprie a fermentației, subliniind legătura dintre procesele fermentative și configurația spațială a moleculelor. Folosește cu acest prilej o imagine plastică pentru intuirea fenomenului: așa cum trebuie să se potrivească cheia și lăcătul pentru a se deschide poarta, tot astfel trebuie să corespundă configurația moleculară a fermentului și cea a zahărului, pentru a se putea produce fermentația.

După lucrările cu privire la zaharuri, Fischer atacă în 1895 problema unor produși de dezasimilare ai organismului animal. Împreună cu Lorenz Ach, el realizează o sinteză care avea să fie un nou punct de pornire. Profesorul său Baeyer sintetizase acidul pseudouric[1]. Fischer și colaboratorul său își propun să transforme acidul pseudouric în acid uric. Ei folosesc acțiunea deshidratantă a acidului oxalic topit sau a acidului clorhidric concentrat. Pe ambele aceste căi ei obțin acid uric. Această sinteză prilejuiește un studiu amănunțit al așa-numitelor purine. Fischer dovedește legătura dintre acidul uric și cunoscuții alcaloizi din ceai și cafea: cofeină, teobromină și teofilină. În 1897, realizează sinteza acestor substanțe, precum și a xantinei, hipoxantinei, guaninei și adeninei. Capitolul purinelor devenea astfel un capitol esențial al chimiei organice și biologice.

[1] Din uranil și cianat de potasiu.



Edificiul proteinic

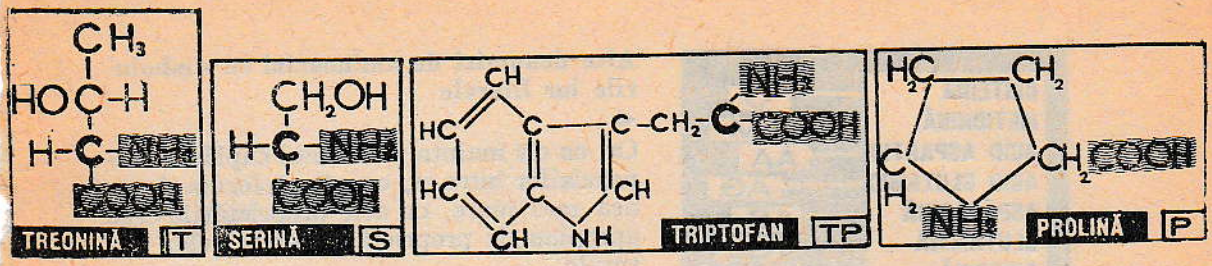
Pasul următor al lui Fischer — și cel mai îndrăzneț — este studiul experimental, sistematic al proteinelor. Era prea atrăgător acest domeniu, imens și necunoscut al substanțelor albuminoide, din care este alcătuită însăși protoplasma vie.

Se cunoșteau destul de bine grăsimile, după lucrările lui Berthollet. Zaharurile erau cunoscute datorită lucrărilor lui Fischer, pînă în amănunt. Proteinele erau însă cărămizile materiei vii. A le cunoaște măcar parțial, a începe marea operă de sinteză a albuminelor, însemna adevăratul început al chimiei vieții.

Lucrările lui Fischer asupra proteinelor au durat 7 ani (1901—1907). Ele constituie fundamentarea experimentală a teoriei „peptidice", a cărei ipoteză a fost elaborată în 1888 de biochimistul rus A.I. Danilevski și de biochimistul german Franz Hofmeister. Danilevski a constatat că fermentul pepsină poate descompune moleculele foarte mari de proteine în fracțiuni de greutate moleculară mai mică și că aceeași pepsină — în anumite condiții — poate determina sinteza — din aceleași fracțiuni — a unei substanțe de masă moleculară cuprinsă între 2000 și 6000. Hofmeister a izbutit să obțină albumină de ou — ovalbumină — în stare cristalină.

Ambii cercetători au susținut — fără să poată dovedi experimental — că legătura dintre aminoacizii constituenți ai proteinelor este o legătură amidică. Primele încercări de a elucida problema compoziției chimice a albuminelor datează din al treilea deceniu al secolului trecut. Metoda de bază în studiul albuminelor a fost hidroliza, fie acidă (încălzire în soluție acidă), alcalină (încălzire cu alcalii) sau enzimatică (cu ajutorul unor fermenți din tubul digestiv, — acei fermenți care descompun albuminele alimentare). Hidroliza ducea la descompunerea albuminei în aminoacizi, substanțe organice în molecula cărora se găsește atît funcția acidă (grupa atomică — COOH) cît și funcția bazică amino (—NH_2). S-au identificat rînd pe rînd: glicocolul, leucina, alanina, asparagina, <

Molecule de aminoacizi individuali. Atomii de carbon îngroșați sînt atomi asimetrici, avînd cele 4 valențe satisfăcute de radicali diferiți între ei. Literele G, A, V, L, IL, FA, întîlnite în schemele moleculelor polipeptidelor, reprezintă simboluri literale ale aminoacidului respectiv



Alte molecule de aminoacizi individuali cu simbolurile lor (T; S; TP; P)

serina etc., peste 20 de aminoacizi diferiți care intră în constituția proteinelor.

Prin hidroliză se obțineau, din uriașele molecule ale proteinelor animale și vegetale, molecule cu un număr mai mic de aminoacizi, ajungîndu-se din aproape în aproape la aminoacizi individuali.

Se punea problema: cum sînt legați între ei aminoacizii care alcătuiesc giganticele molecule proteinice? Era a doua problemă de lămurit, după aceea a compoziției chimice, înainte de a porni pe calea care va duce pînă la urmă la sinteza materiei vii.

Fischer pornește la lămurirea edificiului proteinic de la dirijarea sistematică a descompunerii proteinelor naturale. El inventează metoda „ester", care constă în distilarea fracționată sub vid, cu obținerea aminoacizilor sub formă de esteri ai lor. Noua metodă de separare a aminoacizilor îl duce la identificarea primilor aminoacizi eterociclici[1], și anume prolina și oxiprolina. Acești aminoacizi reprezentau — într-o anumită măsură — o punte de legătură între proteine și alcaloizii din plante de mult cercetați. De la analiza sistematică Fischer trece la sinteză. Pentru el, pentru orice chimist organician, sinteza este proba de foc a ideilor despre structură.

De aceea, în anul 1902, același an în care izbutise să sintetizeze — în colaborare cu Edward Frankland Armstrong — , cuplînd glucoza și galactoza, dizaharidul izolactoză, și apoi dizaharidul natural, melobioza, Fischer trece la sinteze de aminoacizi. Împreună cu H. Leuchs sintetizează serina (aminoalcool cu grupă alcoolică) și glucozamina și, împreună cu F. Weigert, lizina (un diaminoacid). De la acești componenți individuali ai proteinelor, Fischer — bazîndu-se pe ipoteza legăturii amidice — pornește imediat la cuplarea în molecule tot mai mari. Anii 1903—1904, 1905 sînt consacrați în întregime problemelor de sinteză a unor molecule formate din cuplarea aminoacizilor. Fischer atribuie numele de peptide acestor molecule. Un dipeptid este sintetizat în 1902. Apoi un tripeptid, și tot așa pînă la dodecapeptid, moleculă alcătuită prin unirea a douăsprezece molecule individuale de aminoacid.

În 1907, Fischer izbutește performanța sintezei unui octadecapeptid de greutate moleculară 1 213, care cuprinde de trei ori radicalul leucinei și de cincisprezece ori radicalul primului aminoacid: glicocolul. Conform ordinii în care se înșiră aminoacizii în această moleculă, numele ei rațional exprimînd aminoacizii și ordinea lor în moleculă, era: leucil-triglicil-leucil-triglicil leucil-octaglicil-glicină.

[1] Acizi în molecula cărora se găsesc cicluri de atomi (5 sau 6), care cuprind, în afară de atomi de carbon, atomi de azot, oxigen sau sulf.

Alte denumiri de aminoacizi cu simbolurile lor literale

<

Or, cu cît înainta pe drumul cuplării aminoacizilor între ei, cu cît molecula devenea mai mare, cu atît proprietățile ei se apropiau de proprietățile proteinelor naturale.

Polipeptidele superioare dau soluții coloidale ca și proteinele naturale; se hidrolizează dînd aminoacizi individuali, ba dau și unele reacții de culoare, pe care le dau și proteinele.

Continuînd pe drumul sintezelor, Fischer, împreună cu Abderhalden, a obținut un polipeptid format din 19 radicali aminoacizi.

Deoarece legătura dintre aminoacizi în polipeptide era sigur amidică, Fischer trăgea concluzia că și în proteinele naturale avem de-a face cu aceeași legătură între restul grupei acid al unui aminoacid și restul grupei amino, al celui următor.

$$— CO — NH..... CO — NH..... — CO — NH —$$

O dovadă suplimentară a valabilității teoriei peptidice consta în faptul că proteinele dau, prin hidroliză, polipeptide de tipul celor sintetizate de Fischer. Experiențele lui Fischer erau experiențe nodale. Sintezele lui ducînd la polipeptide[1] tot mai complexe, tot mai apropiate de cele obținute ca produs imediat de hidroliză a albuminelor, polipeptidele lui Fischer apar ca trepte foarte probabile spre sinteza albuminelor.

Oricît de interesantă este treapta urcată prin sintezele lui Fischer spre înțelegerea constituției albuminelor, lucrurile sînt însă abia la început. Uriașa complexitate a albuminelor naturale constituente ale materiei vii este un capitol deschis al cunoașterii, din care abia s-au descifrat primele rînduri. Dar chiar aceste prime rezultate aruncă o lumină atît de puternică asupra structurii materiei vii, încît pașii următori devin mai siguri și mai repezi. Multe din proprietățile proteinelor n-au putut fi explicate prin teoria peptidică a lui Fischer și Abderhalden.

Alte detalii ale structurii proteinelor

Savanții sovietici N.D. Zelinski și V.S. Sadikov au efectuat, la începutul deceniului al 2-lea al secolului nostru, o serie de experiențe de hidroliză parțială a proteinelor în autoclavă. Ei au obținut, ca produse ale hidrolizei, dicetopiperazine, care, ca și proteinele, dau cu acidul picric o colora-

[1] Polipeptide (molecule formate din unirea mai multor aminoacizi) de masă moleculară mare, apropiate ca structură de albuminele propriu-zise (proteine), de care se deosebesc prin aceea că nu coagulează sub acțiunea acizilor diluați sau prin fierbere. Se obțin din albumine prin scindare moleculară (hidroliză) sub acțiunea unor fermenți ca, de pildă, pepsina.

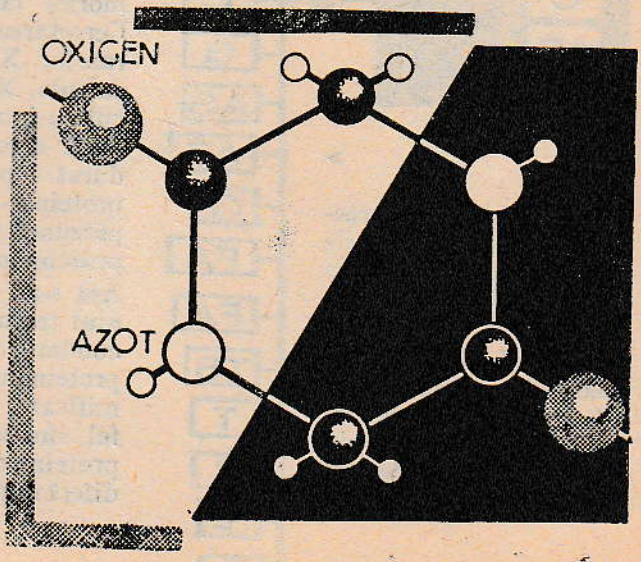
ție gălbuie, reacție pe care polipeptidele lui Fischer n-o dau. Reducerea proteinelor cu sodiu metalic în alcool amidic duce la izolarea unor derivați ai piperazinei, iar reducerea electrolitică a proteinelor a îngăduit determinarea cantitativă a conținutului de dicetopiperazină.

În sfîrșit, prin hidroliza în autoclavă, după metoda lui Zelinski și Sadikov, s-au putut identifica și alte combinații ciclice, numite ciclopolipeptide. Lanțurile aciclice, peptidice, al căror model a fost dat de Fischer, nu pot fi decît o parte a realității structurii proteinelor. În 1913, Zelinski și Sadikov au elaborat, pe baza experiențelor lor, o nouă teorie, dicetopiperazinică, a structurii proteinelor. Alături de lanțurile peptidice, s-au pus în evidență lanțuri ciclice, piperazinice.

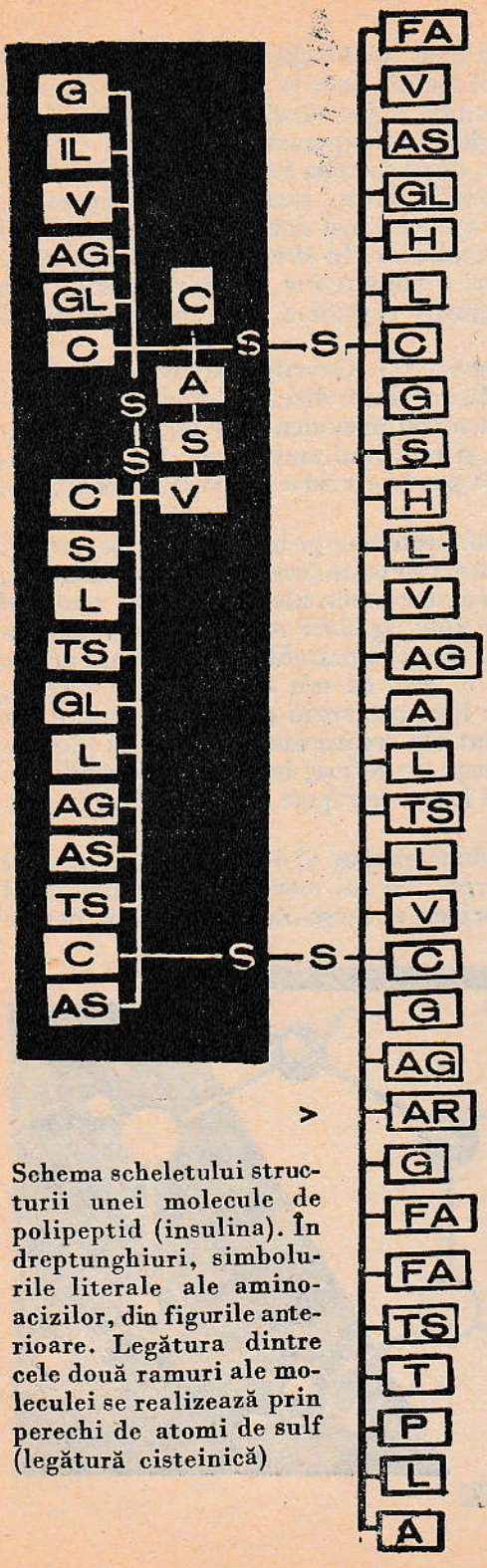
Experimentînd pe baza acestei noi teorii, N.I. Gavrilov izbutește, în 1947, să analizeze, pe modele sintetice, legătura dintre dicetopiperazine și aminoacizi. Gavrilov și colaboratorii săi pun astfel în evidență un nou tip de legătură între radicalul dicetopiperazinic și radicalul aminoacid, legătura amidinică. Această teorie reprezintă un alt pas în elucidarea structurii complexe a albuminelor.

Se lămurea astfel „scheletul" moleculelor proteinice pe baza analizei și sintezei așadar pe baza unor metode strict chimice. Dar toate acestea nu erau suficiente. Cunoscuți fiind *aminoacizii constituenți* ai unei molecule de proteine, *numărul lor* în moleculă, *ordinea așezării* lor și *tipul legăturii chimice* dintre aminoacizii individuali, se pune problema formei ansamblului. Sînt oare aceste molecule enorme, formate din mii și zeci de mii de atomi (de carbon, hidrogen, oxigen, azot, sulf și uneori fier, magneziu etc.) strict liniare sau sînt ramificate în toate direcțiile? Sînt ele organizate compact, în globule sferice, sau în fibrile lungi? Își păstrează ele forma, indiferent de condițiile mediului sau, dimpotrivă, își schimbă forma în raport cu aciditatea, cu apa prezentă în mediu etc.?

Este vorba despre molecule ca hemoglobina, cărăuș ai oxigenului în circuitul sanguin, insulina, preparată de pancreas, cu rol esențial în metabolismul zaharurilor, mioglobina, depozit de oxigen al mușchilor; este vorba despre cheratină, proteină a părului animal și despre sute de alte molecule, care îndeplinesc cele mai diverse funcții biologice. Nu poate fi, deci, vorba despre molecule simple ca formă. Complexitatea funcțiilor lor se reflectă și în complexitatea structurii lor. De altfel, această complexitate de struc-



Legătură diceto-piperazinică dintre aminoacizi (legătură midinică)



Schema scheletului structurii unei molecule de polipeptid (insulina). În dreptunghiuri, simbolurile literale ale aminoacizilor, din figurile anterioare. Legătura dintre cele două ramuri ale moleculei se realizează prin perechi de atomi de sulf (legătură cisteinică)

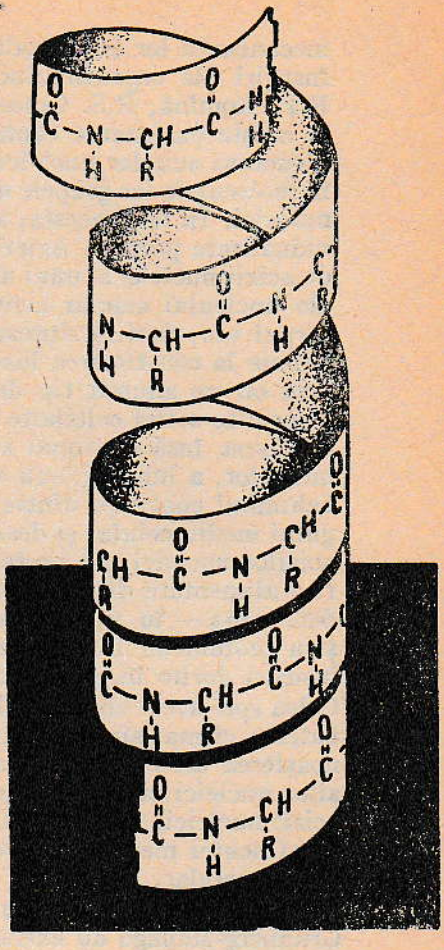
tură corespunde și compoziției. Dacă 3 aminoacizi diferiți pot da 6 polipeptide izomere (după ordinea lor în moleculă), 4 aminoacizi dau 24 de tetrapeptide posibile, 5 aminoacizi, 120 de pentapeptide, iar 26 de aminoacizi diferiți pot da 40 329 146 112 661 329 184 000 000 combinații izomere posibile.

Cu „alfabetul" celor cîteva zeci de aminoacizi se pot deci alcătui tot atîtea combinații cîte propoziții diferite se pot forma din literele alfabetului.

Pentru urmărirea aranjării spațiale a „cărămizilor" aminoacide în construcția moleculelor proteine, metodele chimice nu mai erau suficiente. O metodă fizică de mare finețe dăduse, la începutul secolului nostru, rezultate excepționale în cercetarea structurii cristalelor: metoda difracției razelor Roentgen.

Pentru aplicarea metodelor roentgenografice era necesar să se obțină proteinele într-o stare cît mai apropiată de cea cristalină. Una din aceste metode a fost elaborată de dr. M. F. Perutz, care, izbutind să lege de fiecare moleculă de hemoglobină cîte 2 atomi de mercur, obținea cristale de aceeași formă (izomorfe) cu hemoglobina naturală. Cercetarea spectrelor de difracție a razelor X presupune milioane de calcule. Mașinile electronice de calcul au intrat în funcțiune. Și astfel, după cercetări îndelungi, care au durat — pentru cîte o moleculă de proteină — ani de zile, s-a putut pătrunde tot mai adînc în structura proteinelor.

Așa s-au putut descoperi în deceniul trecut structurile primare, secundare, terțiare și cuaternare ale proteinelor. Panglici spiralate, ramificate, răsucite într-un anumit fel, sînt modelele structurii reale a proteinelor. Aceste structuri variate diferă după condițiile fizico-chimice



Structura elicoidală a polipeptidelor >

ale țesuturilor din care fac parte moleculele de proteine, după tensiunile mecanice la care sînt supuse, după grupele atomice străine, ca de pildă radicalii zaharurilor, ai acidului sulfuric, ai acizilor din nucleele celulelor, cu care sînt combinate proteinele.

Metodele roentgenografice sînt folosite astăzi pentru examinarea fibrelor și globulelor albuminice. Cercetarea pătrunde tot mai adînc în structura naturii vii.

În ultimul deceniu, s-au realizat — pe baza metodelor de polimerizare — combinații cu greutate moleculară cuprinsă între 1 000 000 și 1 500 000. Aceste molecule-gigant, biopolimeri, dau una din cele mai caracteristice reacții ale albuminelor, așa-numita reacție a biuretului (o reacție de culoare); sînt scindate de fermenții proteolitici și prezintă însușiri fizice apropiate de cele ale albuminelor naturale.

Și totuși... Problema sintezei unei proteine asemănătoare cu o albumină naturală este încă nerezolvată. Spre rezolvarea acestei probleme tinde chimia biologică experimentală. Este și una din problemele-cheie ale științelor contemporane.

„Dacă se vor putea vreodată prepara pe cale chimică corpuri albuminoide, ele vor manifesta cu siguranță fenomene ale vieții și vor efectua schimburi de substanțe, oricît de slabe și de trecătoare ar fi ele".

...„Dar atîta vreme cît nu vom ști despre compoziția chimică a albuminei mai mult decît știm acum — prin urmare atîta vreme cît, probabil încă 100 ani de acum înainte, nu putem nici să ne gîndim la prepararea artificială a albuminei, — este ridicol să ne plîngem că toate încercările noastre etc. au dat greș"[1]. Pașii făcuți pînă în zilele noastre de la previziunea lui Engels (1874), ne îndreptățesc să credem că, într-un viitor nu prea îndepărtat, sinteza unor substanțe cu unele însușiri caracteristice pentru materia vie va fi realitate.

Biochimie moleculară

S-au stabilit legături sigure între structura unor proteine (nucleoproteine) din compoziția nucleelor celulare, alcătuite dintr-o proteină și așa-numiții acizi nucleici (acidul ribonucleic[2]: ARN, și acidul dezoxiribonucleic: ADN),

[1] Fr. Engels, *Dialectica naturii*, p. 285.

[2] Acid nucleic în molecula căruia se găsește un zahăr cu 5 atomi de carbon: riboza; în acidul ADN, zahărul constituent este dezoxiriboza.

mecanismul lor de reproducere în organism și transmiterea ereditară a unor însușiri ale organismului. Alături de savanții sovietici, cercetătorii din R.P. Romînă, R.S. Cehoslovacă și alte țări socialiste își aduc contribuția la aceste pasionante căutări.

Structura acizilor nucleici se diferențiază după ordinea în care sînt așezate în moleculele lor grupele de atomi ce se regăsesc în toate moleculele de acizi nucleici. În felul acesta, acizii nucleici ai unui anumit organism au o individualitate proprie. Acizii nucleici din organismul unei specii se deosebesc de acizii nucleici ai unui alt organism al aceleiași specii. Aceste componente ale nucleului celular contribuie la orientarea sintezelor de albumine în corpul viu, deci la sinteza materiei vii din organismul respectiv; ele contribuie la constituirea însușirilor fiziologice ale organismului. Transmițînd prin ou un anumit tip de acizi nucleici și anumite proteine, o generație transmite astfel celeilalte purtători ai „informației" ereditare. Organismele se găsesc însă continuu sub influența mediului extern, sub acțiunea alimentelor, a luminii, sub acțiunea tuturor factorilor mediului lor de viață. Schimbul continuu dintre organism și mediu duce la schimbări ale întregului mediu celular și desigur, aceste schimbări se manifestă și în structura acizilor nucleici și a proteinelor. Influențînd deci asupra organismelor printr-o alimentare dirijată, prin acțiuni fizice și chimice diverse, se va putea determina — în ultimă analiză — modificarea structurii acizilor nucleici și a proteinelor într-un sens anumit, obținîndu-se astfel dezvoltarea unor însușiri dorite în organism.

Calea spre acest obiectiv al biologiei moderne este deschisă, dar pentru străbaterea ei mai sînt necesare nenumărate experiențe care să conducă la cunoașterea tot mai exactă a mecanismului de sinteză și multiplicare a acizilor nucleici, a mecanismului de influențare a sintezelor biologice de către acizii nucleici, a influenței mediului celular asupra sintezei acizilor nucleici, a influenței mediului de viață al organismelor asupra constituenților mediului celular.

Biochimistul american Severo Ochoa și cercetătoarea franceză Marianne Grunberg-Manago au extras (1955) din celulele bacteriilor un ferment care — în condiții obișnuite de laborator — catalizează polimerizarea unităților constituente ale ribonucleotidelor, cu formarea acidului ribonucleic. Produsele rezultate in vitro nu se deosebesc de acizii ribonucleici naturali. S-a deschis, astfel, un nou domeniu de cercetări experimentale: sinteza acizilor nucleici.

În 1957, Arthur Cornberg anunță obținerea unui nou ferment, „polimeraza", care catalizează sinteza nucleotidelor de tipul acizilor ribonucleici. Sinteza acizilor ribonucleici se face într-un mediu în care se găsesc pregătite moleculele de riboză, acid fosforic și baze purinice, din care sînt alcătuite aceste componente ale materiei vii din nucleele celulare. Pentru realizarea sintezei este necesară o cantitate minimă de acid nucleic natural. Acizii care se formează în aceste condiții, sub influența polimerazei, sînt de construcție identică aceleia a acidului natural folosit pentru pornirea reacției.

E ca și cum acidul ar imprima tiparul său sintezei ce se realizează. Structura inițială determină orientarea sintezei spre structuri identice. Sau foarte asemănătoare.

Evident că factorii de mediu intervin pentru a schimba sensul sintezei. Unii genetiști occidentali exagerează rolul ADN în transmiterea însuși-

rilor ereditare, mergînd pînă la un adevărat „mit molecular". Ponderea exagerată atribuită moleculei de ADN de către acești genetiști se explică prin dorința lor de a salva teoria idealistă, compromisă, a „genelor" ereditare, înlocuind „gena" nedefinită, fără consistență reală, printr-o moleculă reală, care poartă girul experienței. Susținînd că aceste molecule trec nemodificate din generație în generație, ei reafirmă, la urma urmei, ideea absurdă a fondului ereditar etern, nemodificabil, sau ideea tot atît de neconformă cu realitatea că s-ar putea efectua toate mutațiile biologice posibile, exclusiv prin modificarea dirijată a structurii acizilor nucleici.

„...orice adevăr, dacă-l faci «exorbitant» (cum spunea Dietzgen-tatăl), dacă-l exagerezi, dacă-l extinzi dincolo de limitele aplicabilității lui reale, poate fi dus pînă la absurd... devine chiar inevitabil o absurditate"[1].

Scrutînd fenomenele naturii vii, cercetătorii se apropie de cele ce se petrec în interiorul celulei, în timpul evoluției ei.

În ultimii ani s-a demonstrat experimental că la infectarea unui organism cu un virus, metabolismul organismului perturbat secretă o substanță care a căpătat numele de interferon, deoarece explică în parte așa-numita interferență între microorganismele patogene însămînțate pe un corp viu. Din doi viruși care infectează un organism, unul se dezvoltă, iar celălalt dispare. Acest fenomen de interferență se explică astăzi prin sinteza de către organismul atacat a interferonului, care dereglînd metabolismul unuia dintre viruși oprește dezvoltarea lui.

Pentru lupta cu bolile virotice, cunoașterea compoziției și structurii interferonului este de excepțională importanță. Experiența clinică pe viu va avea de spus un cuvînt hotărîtor în rezolvarea acestei probleme.

Biochimiștii sovietici urmăresc sinteza albuminelor în organisme și influențează sensul lor. Se naște, astfel, o biochimie moleculară.

Se experimentează în domeniul asimilației substanțelor nutritive și s-a izbutit sinteza pigmentului clorofilian. Se aplică teoria modernă a schimburilor energetice la rezolvarea problemelor de asimilație și dezasimilație. Biofizica și, în cadrul ei, bioenergetica își croiesc primele făgașe.

Pas cu pas, experiența chimică orientată de teorie pătrunde în fenomenele vieții organismelor, acest tulburător domeniu al cunoașterii, în care cercetătorul colectiv al contemporaneității va descoperi soluțiile unor probleme ca aceea a cancerului sau a fotosintezei artificiale.

Cercetarea mecanismului fizico-chimic al proceselor biologice va dezvălui acele metode subtile de sinteză bioorganică, al cărei sediu îl constituie celula vie și va transfera în uzina chimică principiul și mecanismul acestor reacții. Ceea ce natura a realizat în milioane și milioane de ani de adaptare și perfecționare, bioorganica, biofizica și cibernetica actuală vor reproduce și depăși — prin concentrare spațio-temporală — în cîteva decenii.

Omul își va făuri și propriul sistem de asimilare a energiei solare, depășind astfel dependența de lumea plantelor verzi.

El va cunoaște cele mai profunde prefaceri din propriul său organism și va fi în stare să contribuie la propria lui desăvîrșire biologică.

[1] V. I. Lenin, *Opere*, vol. 31, E.S.P.L.P., București, 1956, p. 45.

XXVII. Momente de chimie fizică

„...ştiinţele naturii se transformaseră ele însele din ştiinţe empirice în ştiinţe teoretice şi, prin sintetizarea datelor dobîndite, într-un sistem de cunoaştere materialistă a naturii".

FR. ENGELS

Primul curs propriu-zis de chimie fizică a fost scris de enciclopedicul Mihail Vasilievici Lomonosov. Primul chimist care a exprimat principiul conservării energiei şi masei, bazîndu-se pe ideea de „măsură, greutate şi proporţie" şi folosind balanţa şi aparatele de măsurat ca unelte ale experienţei, a fost Lomonosov.

Lomonosov făcea măsurări şi cînd era vorba de cercetarea fenomenelor electricităţii atmosferice, şi cînd urmărea reacţiile chimice în retorte şi eprubete.

Şi-a construit un termometru de concepţie proprie, un viscozimetru. Şi cine ştie cîte alte aparate, ale căror nume nu s-au mai păstrat. El aducea în laboratorul de chimie viziunea largă a filozofului materialist, rigoarea logică a matematicianului şi atitudinea fizicianului, pentru care cunoaşterea înseamnă, în primul rînd, relaţie cantitativă.

În activitatea de chimist a lui Lomonosov, descoperim primele momente ale acestei discipline născute la limita dintre chimie şi fizică şi reflectînd legătura naturală dintre fenomenele studiate de aceste două ştiinţe ale naturii.

Cercetînd opera lui Lomonosov, ai impresia că dai peste săgeţi indicatoare ale drumului de munte pe care aveau să-l urce succesorii lui.

Abia între 1850—1860, o sută de ani după cercetările experimentale ale lui Lomonosov asupra absorbţiei şi degajării căldurii la formarea soluţiilor, se vor ocupa cu toată atenţia chimiştii lumii de fenomenele termice legate de reacţiile în soluţii. Pînă la Lomonosov, chimiştii obişnuiau să spună: *Corpora non agunt nisi soluta*[1], dar nimeni nu-şi punea problema să studieze efectele fizice ale dizolvării. Cu un veac înaintea celebrelor lucrări experimentale ale francezului Raoult, care au pus bazele crioscopiei şi ebulioscopiei, Lomonosov observă faptul experimental esenţial că soluţiile apoase ale sărurilor congelează la o temperatură mai joasă decît apa pură şi că scăderea temperaturii de congelare creşte cu concentraţia corpului dizolvat. Lucrările de chimie fizică ale lui Lomonosov parcă spun: „Cercetaţi variaţiile energetice în cursul reacţiilor, cercetaţi efectele termice ale reacţiilor, măsuraţi, cîntăriţi, veţi găsi, astfel, soluţia problemelor afinităţii, a sensului reacţiilor, a echilibrului chimic".

[1] Corpurile nu reacţionează decît în soluţie.

O indicație a drumului cercetării fenomenelor fizico-chimice se întîlnește în lucrările germanului Wenzel. În 1777, Karl Friedrich Wenzel, căruia Berzelius îi atribuise din greșeală descoperirile lui Richter, elaborase un adevărat program de cercetări experimentale pentru măsurarea vitezei reacțiilor chimice. El urmărea o idee centrală: să evalueze „forțele" chimice, „afinitatea[1]" substanțelor chimice. O analogie între fenomenele mecanice și cele chimice îl conduce la programarea experiențelor sale.
Viteza unui corp în mișcare este cu atît mai mare cu cît mai mare este „forța" ce acționează asupră-i. Un corp chimic va avea o „afinitate" cu atît mai mare — gîndea Wenzel — cu cît mai rapidă va fi reacția (deci mișcarea chimică) pe care o provoacă. Wenzel propune drept mijloc de evaluare a vitezei de reacție un șir de experiențe care constau în atacarea metalelor cu acizi. Pentru a putea compara diferitele reacții, el își propune să ia cilindri metalici de dimensiuni egale și să acopere tot cilindrul cu ceară, lăsînd liberă numai suprafața circulară superioară a cilindrului. Luînd diferite metale și diferiți acizi de concentrații diferite, ar fi măsurat astfel „afinitatea" diferiților acizi pentru diferite metale, prin viteza reacției și dependența vitezei de reacție de concentrația acidului.
Referindu-se la aceste lucrări, W. Ostwald arată că în opera lui Wenzel nu se pot găsi date despre experiențele programate: „Zadarnic am parcurs lucrările lui Wenzel în căutarea unor măsurări efective; nu am putut găsi nimic. Poate că a făcut experiențe și nu le-a publicat. Pentru că rezultatele nu erau în acord cu cele la care se aștepta"[2].
Oricum, Wenzel a exprimat însă limpede ideea că viteza de reacție ar fi proporțională cu concentrația substanțelor care reacționează. Era o idee care avea să fructifice în veacul următor.

Pionierul termochimiei: H. H. Hess (1802—1850)

Un moment esențial în dezvoltarea chimiei fizice, consemnat de toate istoriile chimiei, este opera experimentală a lui Hermann Henrikovici Hess. Născut la Geneva, Hess a fost adus de părinții săi în Rusia în anul 1805. În Rusia a urmat școala elementară și medie și tot aici și-a făcut studiile universitare, absolvind facultatea de medicină din Derpt. După terminarea universității, pleacă pentru specializare la Stockholm, unde personalitatea lui Berzelius determină, probabil, sensul preocupărilor ulterioare ale lui Hess.
Este numit, în 1830, profesor de chimie la institutul de chimie tehnologică din Petersburg. Și în 1834, membru al Academiei de Științe.
În anii în care își începe Hess cercetările, nici unul dintre marii cercetători ai Apusului nu se gîndea încă la conservarea energiei ca principiu aplicativ, ca demonstrabil prin experiență și ghid al experienței. Lomonosov formulase principiul conservării, dar demonstrase experimental numai conservarea masei.

[1] Prin afinitate, Wenzel înțelegea tendința a două substanțe de a reacționa între ele.
[2] W. Ostwald, *Evoluția unei științe, Chimia*, traducere de Marcel Dufour, Paris, 1921, p. 253.

Hess pornește de la ideile lui Lomonosov și încearcă să demonstreze prin experiențe chimice principiul conservării energiei. Forma în care se manifestă și devine măsurabilă energia în reacțiile chimice este căldura; așadar, de la căldura de reacție, de la efectul termic al reacției trebuia pornit pentru a supune determinărilor cantitative schimburile energetice intervenite în cursul reacțiilor chimice.

El pornește studiul său experimental pe acid sulfuric, apă și amoniac. Măsoară cantitatea de căldură degajată la neutralizarea amoniacului cu acid sulfuric pur. Apoi diluează condiționat acidul sulfuric cu apă. Cu o parte apă, cu două părți, cu trei, patru, cinci părți apă (măsoară căldura obținută la dizolvarea acidului sulfuric în apă și apoi cea obținută la neutralizarea amoniacului cu acidul diluat). Suma celor două cantități de căldură este aproape constantă. Obține valori între 595,8 și 601,8 cal/mol. Erau cifre foarte apropiate. Reacția într-o singură etapă sau în două etape era însoțită de același efect termic.

Hess experimentează în continuare cu hidroxid de sodiu, hidroxid de potasiu, oxid de calciu. El urmărește mereu să realizeze o reacție pe cel puțin două căi: una directă, alta în mai multe etape, avînd ca rezultat aceleași substanțe și pornind de la aceleași substanțe. Rezultatele măsurărilor îl duc la formularea legii, prima lege a termochimiei: efectul termic al reacțiilor chimice depinde numai de starea inițială și finală a substanțelor și nu de drumul parcurs.

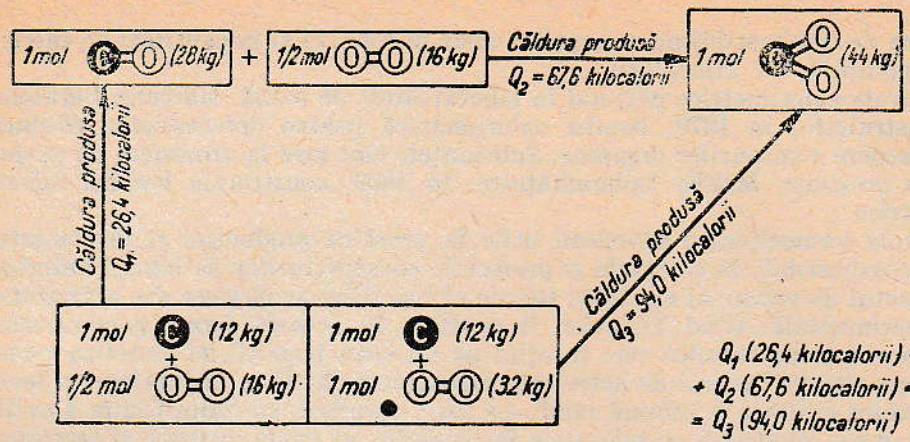
Astfel, ca un exemplu de aplicare al legii lui Hess, poți trece de la C și O la bioxid de carbon, pe două căi. Una este oxidarea directă a carbonului pînă la bioxid de carbon, așa cum se întîmplă în cazul unei arderi complete, în prezența oxigenului.

Altă cale este oxidarea parțială pînă la CO (C + O = C O) și apoi oxidarea oxidului de carbon format pînă la CO_2. Ambele drumuri sînt posibile. În primul caz, se produce o cantitate de căldură care este tocmai suma cantităților de căldură ce se produc în cele două reacții consecutive ale celui de-al doilea drum (evident, cantitățile de substanțe trebuie să fie echivalente). Astăzi, demonstrația experimentală a legii lui Hess pare foarte firească. Toate bilanțurile energetice pe care le calculează inginerul chimist se bazează pe această lege. În anul 1840, cînd Hess își făcea experiențele, lucrul nu era atît de firesc. Era vorba de o cercetare fundamentală, care nu părea în legătură cu vreo aplicație practică.

Lucrarea lui Hess a fost descoperită cu 45 de ani după publicarea ei. Chimiștii și fizicienii au subliniat excepționala ei însemnătate.

Cu Hess se deschide capitolul termochimiei. El, cel dintîi, a înțeles importanța teoretică a legii stabilite și a indicat în amănunt cum poate fi folosită această lege pentru calculul indirect al căldurilor de reacție, chiar al acelor reacții care nu pot fi realizate sau urmărite pe cale experimentală. Din legea lui Hess decurgeau o serie de consecințe. Problema afinității își găsea un început de soluție interesantă. Cantitatea de căldură care se produce într-un fenomen chimic este, în fond, diferența dintre energia sistemului de substanțe inițial și a celui final. Cea mai mare „afinitate" o au între ele acele substanțe care, reacționînd, dau cea mai mare cantitate de căldură.

Și, în sfîrșit, ea deschidea calea către rezolvarea unei probleme fundamentale: dintre doi sau mai mulți compuși ai acelorași elemente, care anume se



De la C și O_2 la CO_2 pe două căi (legea lui Hess)

va produce de preferință? Cel mai probabil compus este acela care, formîndu-se, degajă cea mai mare cantitate de căldură.

Închipuiți-vă mai multe bile pe o platformă, legată prin pante de o serie de platforme, la nivele tot mai joase. Bilele vor putea rămîne pe platformele intermediare, dar cel mai probabil este că ele se vor rostogoli pînă la platforma cea mai de jos.

Abia la doi ani după lucrările lui Hess s-a formulat matematic principiul conservării energiei, iar aplicația lui la chimie a fost stabilită abia între 1850 și 1860 de Julius Thomsen (1826—1909) din Copenhaga.

S-au stabilit, pe bază de experiență, limitele de valabilitate ale concluziilor trase din legea lui Hess. S-a definit riguros afinitatea ca o diferență de potențiale chimice[1]. S-a demonstrat că reacțiile sînt determinate, pe de o parte, de energia necesară pentru a învinge rezistența sistemului de substanțe, energie care a căpătat numele de energie de activare și, pe de altă parte, de afinitate. Dar toate acestea erau finisări, adînciri, completări, după zeci de ani de cercetări teoretice, după descoperirea unor noi principii. Născută din experiența chimică, legea fundamentală a termochimiei reprezintă unul din instrumentele teoretice esențiale ale chimiei fizice.

Cînd legea lui Hess a fost recunoscută de toți chimiștii europeni, a început o adevărată perioadă de determinări termochimice. Se aștepta poate prea mult de la aceste determinări, dar materialul experimental adunat a folosit nu numai pentru făurirea teoriei efectului chimic al reacțiilor. Căldura reacției de ardere a combustibililor deveni expresia cantitativă a valorii lor de folosință. Puterea calorică a cărbunelui de diferite proveniențe, a combustibililor petrolieri, a lemnelor, era cunoscută și catalogată. Canti-

[1] Afinitatea se exprimă și se măsoară prin rezultanta a două lucruri mecanice: a) lucrul mecanic necesar pentru separarea moleculelor reactanților unele de altele și disocierea lor în atomi sau molecule mai simple; b) lucrul mecanic ce ia naștere la formarea produșilor de reacție, pornind de la atomii sau moleculele simple ale reactanților.

tatea de combustibil nu se exprima doar în tone, ci și în cantități de energie disponibilă, în kilocalorii.

Aparate calorimetrice pătrund în laboratoarele de uzină. Marcelin Berthelot construiește, în 1879, bomba calorimetrică pentru determinarea căldurii de ardere a corpurilor organice. Substanțele sînt arse în atmosferă de oxigen sub presiune. Mahler îmbunătățește, în 1899, construcția bombei calorimetrice.

Datele termochimice deveneau utile în practica producției și în comerțul cu combustibil, în calculele și proiectele constructorilor de fabrici chimice. Punctul de vedere al efectului termic al reacțiilor se născuse din activitatea experimentală. Cînd Thomsen îl exprima în această formă generalizată: „orice acțiune chimică este însoțită de un efect termic", el sintetiza rezultatele cîtorva decenii de activitate experimentală. Era, în înțelegerea fenomenelor chimice o lumină nouă, pe care chimiști ca Saint-Claire Deville aveau s-o folosească cu măiestrie în lucrările lor experimentale și teoretice. Căldură de reacție, căldură specifică, căldură latentă de topire, de cristalizare, de evaporare; conținut termic al substanțelor... Se inventau mărimi termice legate de fenomene și substanțe, se măsurau valori, se redactau tabele termochimice.

Mișcarea chimică

Între anii 1846—1852, Pierre Antoine Favre și Jean Théobald Silbermann efectuează o serie de experiențe calorimetrice, folosind un calorimetru Doulong perfecționat. Ei determină căldurile rezultate din arderea substanțelor (călduri de ardere).

Făcînd determinări sistematice pe cărbune și sulf, ei demonstrează — de pildă — că fiecare formă alotropică — de cărbune (diamant, grafit, cărbune amorf) sau de sulf (rombic, monoclinic) are o căldură de ardere specifică. Și la fel substanțele izomere, deși cu aceeași compoziție chimică, au călduri de ardere diferite.

Așadar, nu numai compoziția, ci și aranjamentul diferit al atomilor în moleculă, configurația moleculară, structura ei spațială se manifestă prin caracteristici termice diferite. Dar aceasta devine deosebit de interesant. Măsurarea calorimetrică a căldurii de combustie devine pur și simplu un mijloc experimental de a deosebi între două structuri deosebite, atunci cînd se cunoaște compoziția.

Favre și Silbermann, încurajați de primele lor rezultate, continuă experiențele lor, cercetînd seria hidrocarburilor saturate omoloage: metan (CH_4); etan (C_2H_6); propan (C_3H_8) etc. Ei constată că diferența de căldură de ardere între doi termeni succesivi ai seriei este — în limita erorilor experimentale — constantă. Așadar, fiecărui grup de atomi din moleculă (—CH_2—) îi corespunde o anumită căldură de formare proprie.

De la călduri de ardere, cei doi experimentatori trec la determinarea căldurilor de reacție, reluînd experiențele lui Hess. Ei măsoară căldura produsă de reacția unor substanțe cu clorul, la formarea unor săruri, acizi etc. Toate acestea erau, totuși, numai un punct de plecare. Porniți pe calea gene-

ralizării, chimiștii nu puteau să nu ajungă la concluzia logică a tuturor experiențelor chimice. Obiectul studiului lor era interacțiunea dintre substanțe, deci în fond, o mișcare de un caracter special, deosebită de cea mecanică, dar în ultima esență o mișcare.

În 1857—1859, Favre trece la efectuarea unor experiențe[1] celebre pentru măsurarea căldurii produse în celulele electrice, folosind două calorimetre. În unul dintre cele două calorimetre era introdusă o baterie cu 5 celule; în cel de-al doilea — un motor. Motorul putea fi cuplat, printr-o roată de transmisie și un ax — care ieșeau din calorimetru, cu o pîrghie care ridica o greutate. Motorul putea fi introdus în circuitul bateriei electrice blocat sau în mișcare. Cu acest dispozitiv se demonstra că „forța electromotoare" a unei pile galvanice nu este decît energie chimică transformată în electricitate și că pila însăși nu este decît un aparat care transformă energia chimică eliberată în electricitate.

Energie chimică, echivalentul ei caloric, electric, mecanic. Chimiștii și fizicienii descopereau, astfel, expresia unei legi generale a naturii, valabilă pentru propriul lor domeniu de cercetare: fenomenele chimice constituie o formă a mișcării materiei. Mișcarea chimică se poate transforma în oricare altă formă de mișcare.

Se nășteau întrebări care depășeau cadrul strîmt al unui grup sau altul de fenomene chimice și se refereau la mișcarea chimică în general. Reacțiile chimice se produc cu o anumită viteză, ajungînd după un anumit timp la echilibru. Ce este echilibrul chimic? Care sînt condițiile lui de existență? Ce direcție și sens ia un fenomen chimic sub acțiunea unor factori exteriori? Cronologic s-au pus aceleași întrebări în legătură cu mișcarea simplă, mecanică a corpurilor și s-a născut astfel statica, teoria echilibrului mecanic. Teoria echilibrului chimic a devenit „statica chimică". Și așa cum în cazul mișcării mecanice, problemelor de statică le-au urmat cele de cinematică, adică studiul sensului mișcărilor, a vitezei lor și a variației, vitezei în timp, sensul vitezei mișcării chimice și variația ei aveau să devină probleme centrale ale chimiei fizice, obiecte de studiu ale „cineticii chimice". Și din nou, la fel ca în cazul mișcării mecanice, dinamica mișcării chimice, interdependența acțiunilor determinante ale fenomenelor chimice, se cereau cercetate, înțelese.

Cu unele excepții fericite (ca de pildă chimistul Karl Schorlemmer) și cu multe alte excepții nefericite[2], chimiștii veacului al XIX-lea nu erau filozofi. Dar practica disciplinii lor îi împingea spre descoperirea unor principii generale, conforme cu unica filozofie care exprima realitatea: dialectica materialistă. Adeseori, în expunerile unor chimiști apar expresii limpezi ale dialecticii fenomenelor chimice ca, de pildă: „echilibrul este un caz particular al mișcării"[3]. Așadar, fenomenul chimic este privit ca o mișcare, iar starea de echilibru ca un moment al mișcării. Chimiștii confirmau ideile creatorilor materialismului dialectic.

[1] La aceste experiențe se referă Fr. Engels în capitolul *Electricitatea* din „*Dialectica naturii*", (Editura Politică, 1959, pp. 104—105), caracterizîndu-le drept „una din cele mai frumoase serii de experiențe cu privire la transformările formelor mișcării obținute cu ajutorul unei pile galvanice..."

[2] Una din cele mai nefericite excepții este reprezentată de fizico-chimistul Wilhelm Ostwald, filozof idealist, pomenit în paginile următoare.

[3] Vezi Fr. Engels, *op. cit.*, pp. 228—229.

Pe baza unei serii de experiențe frapante, Louis Berthollet arătase, la vremea sa, că reacțiile chimice depind și de factori externi, nu numai de natura corpurilor intrate în reacție. El a vorbit pentru întîia oară de reacții parțiale, incomplete. Așa cum acțiunea simultană a mai multor forțe asupra unui punct dau o anumită rezultantă, care depinde — ca mărime și direcție — de fiecare dintre forțele componente, echilibrul chimic este determinat de acțiunea maselor substanțelor reactante.
Era o primă formulare a principiului acțiunii maselor.
Experiențele pomenite ale lui Saint-Claire Deville dădeau un puternic suport ideii de reversibilitate și echilibru chimic.
După lucrările lui Hess, Thomsen, Saint-Claire Deville și mai ales după generalizarea, de către fizicieni, a principiului conservării energiei, problema echilibrului chimic a revenit în cercetare. Mijloacele experimentale noi, metodele fizico-chimice (termochimice, fotochimice, electrochimice) au adus pe primul plan, în a doua jumătate a veacului al XIX-lea, cercetarea echilibrului chimic.

Legi și reguli ale echilibrului chimic

Cato Maximilian Guldberg (1836—1902) și Peter Waage (1833—1900) din Christiania readuc în lumina cercetării ideile uitate ale lui Berthollet. Ei își încep lucrările în 1864 și dau „legii acțiunii maselor" o formulare matematică elegantă. Este vorba despre echilibrul dinamic, echilibrul conceput ca moment al mișcării chimice în două sensuri contrare. Echilibrul este atins cînd viteza mișcării într-un sens este egală cu viteza mișcării în sens opus. Substanțele A B și C D dau naștere substanțelor A D și C B, dar, în același timp, se refac în reacție. Echilibrul nu este nemișcare, ci mișcare în ambele sensuri, cu viteză egală.
Generalizarea lui Guldberg și Waage rămîne fără influență considerabilă asupra activității experimentale. Chimiștii nu erau încă obișnuiți să lucreze cu abstracții. Generalizarea aceasta va deveni însă un puternic ghid al experiențelor fundamentale de chimie fizică. Ea corespundea perfect unor experiențe anterioare executate în 1850 de Ludwig Ferdinand Wilhelmy (1812—1864), și cu cele ale lui Berthelot și Péan Saint-Gilles, din 1862. Wilhelmy studiase fizica la Berlin, alături de Helmholtz[1], Wiedemann[2] și de o întreagă generație de cercetători fizicieni germani. Era pasionat după aparate noi de cercetare. Cînd Biot indicase minunatele posibilități ale polarimetriei în experimentarea cu zaharuri optic-active, Wilhelmy își procură un polarimetru. El ține seama de indicația lui Biot că se poate urmări, cu ajutorul polarimetrului, variația concentrației în zahăr fără a interveni în reacție, fără a o opri pentru a face analiza. Wilhelmy sesizează bogăția acestei idei: să urmărești o reacție așa cum se desfășoară ea, fără să intervii

[1] Hermann Helmholtz (1821—1894), fizician și fiziolog german. A formulat principiul conservării „forței", căruia i-a urmat formularea corectă de principiu al conservării energiei.
[2] Gustav Wiedemann (1826—1899), fizician german, autor al lucrării *Teoria galvanismului și electromagnetismului.*

modificînd-o, fără a o opri în dezvoltarea ei. Priveşti în ocularul polarimetrului şi urmăreşti mersul unei reacţii, măsurînd creşterea sau descreşterea concentraţiei. Condus de această idee, Wilhelmy introduce în tubul polarimetrului zaharoza în soluţie acidă şi urmăreşte transformarea în fructoză-levo (levuloză) şi glucoză-dextro (dextroză), după variaţia — în timpul reacţiei — a unghiului de rotire a planului luminii polarizate. Măsura astfel viteza de reacţie, fără să atingă substanţele. El stabileşte, pe această cale, că viteza de reacţie (masa de zahăr transformată în unitatea de timp) este proporţională cu concentraţia zaharozei rămase nescindate (în fiecare secundă se transformă aceeaşi fracţiune din masa de zahăr rămasă în soluţie). Constată mai departe că viteza creşte cu temperatura.

Experienţa aceasta de urmărire a reacţiei de „inversiune" a zaharozei în timp, care duce, în fond, la rezultatul că numărul moleculelor ce se transformă este proporţional cu numărul de molecule prezente în momentul reacţiei, demonstrează o lege a mişcării chimice. Nu mai este vorba de mişcare chimică în general, ci de caracterizarea cantitativă a acestei mişcări. Aşa cum mişcarea mecanică se poate trata matematic, pe baza mărimilor: spaţiu, viteză, timp, mişcarea chimică se poate şi ea exprima matematic pe baza mărimilor: masă (sau concentraţie), viteză de reacţie şi timp. Cercetarea lui Wilhelmy (1850) a rămas multă vreme neluată în seamă. Lucrările experimentale de cinetică chimică au fost destul de rare pînă-n anul 1862, cînd Berthelot şi Saint-Gilles şi-au publicat lucrările asupra esterificării şi hidrolizei[1].

Reacţiile de esterificare sînt încete. Le poţi urmări, făcînd din timp în timp analiza produsului, care nu înseamnă decît titrarea acidului rămas nereacţionat, sau a acidului apărut în reacţie. Titrarea se face cu hidroxid de potasiu sau de sodiu.

Cei doi cercetători urmăreau reacţia în timp, modificînd temperatura şi concentraţia. Consemnau rezultatele în tabele. Sute de date numerice exprimau influenţa concentraţiei şi a temperaturii asupra mersului reacţiei. Era un studiu dublu, al echilibrului şi al vitezei de reacţie, statica şi cinetica reacţiei de esterificare. Valorile numerice conţinute în memoriul lui Berthelot şi Saint-Gilles au fost folosite de teoreticienii cineticii chimice, care transpuneau în relaţii matematice variaţiile vitezei cu concentraţia şi temperatura.

Lucrările experimentale în legătură cu echilibrul chimic, cu disociaţia moleculară şi vitezele de reacţie îşi aşteptau generalizarea teoretică. Era un material imens care se impunea gîndirii teoretice.

Americanul Willard Gibbs (1839—1903) publică în anul 1876, în nişte anale foarte puţin răspîndite[2], un memoriu care a trecut cu totul neobservat în vremea sa. Titlul acestei lucrări era *Echilibrul substanţelor eterogene*. Într-o formă concisă, neatrăgătoare, strict matematică, fără referire directă la vreo experienţă, Gibbs trata în memoriul său echilibrul chimic. Lucrarea era dificilă pentru acei puţini chimişti ai vremii care avuseseră prilejul s-o consulte. Dar încetul cu încetul, „regula fazelor" stabilită de Gibbs şi-a cucerit locul meritat printre ideile conducătoare ale chimiei. Ea exprima,

[1] Reacţie inversă esterificării; în cazul acetatului de etil, de exemplu, hidroliza reface acidul acetic şi alcoolul etilic.

[2] Dări de seamă ale Academiei din Connecticut.

în limbajul abstract al matematicii, generalizarea teoretică a experiențelor cu privire la echilibrul chimic în toate fazele unui sistem eterogen.
Gibbs stabilește o serie de noțiuni clar definite. Sunau straniu aceste noțiuni în anul 1876, mai ales aplicate la fenomenele chimice. Fază, component, varianță (grad de libertate termodinamic) sînt noțiunile gibbsiene. Prin *fază* se înțelege regiunea omogenă a unui sistem, cu aceleași proprietăți fizice și chimice (care nu depind de cantitatea de substanță). Apa în contact cu vaporii de apă este un sistem cu două faze: faza lichidă și faza de vapori; o soluție de sare în contact cu cristalele este la fel un sistem cu două faze: faza cristale și faza soluție. Fazele pot fi formate dintr-o singură substanță chimică sau din mai multe specii moleculare.
Componenții sînt fiecare dintre substanțele chimice omogene pe care le conține un sistem, și care poate fi izolată din el (exemplu: în soluția de clorură de sodiu, componenții sînt clorura de sodiu — nu ionii de sodiu și clor — și apa; într-un sistem în care se află în echilibru: un alcool, un acid, un ester și apă, tocmai acești patru corpi sînt componenții sistemului). Componenții sistemului al căror număr minim este suficient pentru formarea tuturor fazelor sistemului se numesc *componenți independenți*. Astfel, de pildă, într-un sistem în care are loc reacția dintre iod și hidrogen cu formare de acid iodhidric, deși există 3 componenți (hidrogen, iod și acid iodhidric), numai doi dintre ei sînt componenți independenți. Aceștia sînt fie iodul și hidrogenul, fie iodul și acidul iodhidric, fie hidrogenul și acidul iodhidric, deoarece fiecare din aceste perechi formează, la echilibru, toate fazele sistemului. Cînd în sistem nu se produce nici o reacție chimică, noțiunea de component se suprapune peste aceea de component independent.
Numărul gradelor de libertate[1] *termodinamice* este numărul condițiilor echilibrului (temperatură, presiune, concentrația componenților) care pot fi variate arbitrar, în anumite limite, fără a modifica implicit numărul și felul fazelor sistemului.
În cazul apei, de exemplu, atît temperatura, cît și presiunea (2 grade de libertate) pot varia în anumite limite fără a produce o schimbare de fază (apariția vaporilor sau a gheții).
Numărul gradelor de libertate poartă numele de *varianța* sistemului. Sistemele pot fi invariante (numărul gradelor de libertate = 0), monovariante, bivariante, trivariante etc.
Potential chimic este o mărime care caracterizează tendința unui component de a ieși dintr-o fază dată. La echilibru între fazele unui sistem, nici un component nu tinde să iasă din faza în care se găsește. Potențialul chimic al oricărui component este — la echilibru — egal în toate fazele sistemului. Condițiile de echilibru între faze, în sistemele eterogene, se exprimă cel mai simplu și în forma cea mai generală tocmai prin această mărime: potențialul chimic.
Ca un exemplu de aplicare a acestei noțiuni, se poate lua următoarea situație.

[1] După cum se vede din definiție, „gradul de libertate" este o expresie plastică a unei noțiuni concrete, care n-are nimic de-a face cu așa-numita „libertate" sau „liber arbitru" (al particulelor elementare), noțiune absurdă din arsenalul filozofiei idealiste; nu are nimic comun nici cu noțiunea de grade de libertate ale mișcării moleculelor folosită în teoria cinetică a gazelor.

Sub un clopot se găsesc — izolate de mediul exterior — două vase, dintre care unul conține o soluție de zahăr în apă, iar celălalt o soluție de sare. Concentrațiile sînt diferite: fiecare soluție se caracterizează prin propria ei tensiune de vapori. Apa va distila din soluția cu tensiune de vapori mai mare în soluția cu tensiune de vapori mai mică. Echilibrul se va instaura în momentul în care tensiunile de vapori ale apei deasupra celor două soluții vor fi egale.

În cazul luat, presiunea parțială a vaporilor saturanți servește drept măsură a potențialului chimic. Putem deci trage, pentru acest caz, concluzia: la echilibru, presiunea parțială a vaporilor saturanți a fiecărui component dat trebuie să fie egală pentru toate fazele. Aceasta nu înseamnă că potențialul chimic se poate reduce totdeauna la egalitatea presiunilor parțiale ale componenților. Foarte adesea, este nevoie să se găsească alte metode de evaluare a potențialului chimic. În orice caz, procesul de trecere a unui component dintr-o fază în alta se exprimă prin acest factor de intensitate a procesului, prin această mărime care determină sensul mișcării chimice și care poartă denumirea generală de potențial chimic.

O formulare actuală, generală, a regulii lui Gibbs ar suna astfel:

Numărul gradelor de libertate + numărul fazelor unui sistem = numărul componenților independenți + numărul factorilor externi care influențează echilibrul sistemului considerat.

Ce exprimă, în fond, regula lui Gibbs? Ea pune în evidență legătura dintre condițiile interioare și exterioare ale unui sistem în echilibru. Ea exprimă interdependența acestor condiții pentru cazul echilibrului chimic.

Gibbs presupunea drept factori exteriori, care influențează echilibrele chimice, numai temperatura și presiunea; de aceea în relația lui apare cifra 2 pentru numărul factorilor exteriori. Sînt însă posibile și sisteme al căror echilibru să depindă de cîmpurile electrice, magnetice sau gravitaționale. În acest caz, numărul factorilor externi crește. Interdependența capătă o expresie tot mai generală.

Valabilitatea relației lui Gibbs s-a dovedit în lucrările experimentale apărute ulterior, determinînd cercetări teoretice fundamentale și descoperirea unor legi particulare ale echilibrului chimic, relații între temperatura de topire a corpurilor și presiunea exterioară, metode de calcul al tensiunilor de vapori etc. Timp de zeci de ani, experiența a fost ghidată de regula lui Gibbs. Ea a reprezentat un moment esențial în evoluția chimiei fizice. Formulele lui Gibbs conțineau soluțiile multor probleme netratate încă experimental. Se pune întrebarea: în ce sens se modifică un echilibru dacă se schimbă condițiile în care el s-a stabilit? Deși formulele lui Gibbs cuprindeau răspunsul la problemă, numai lucrările experimentale și teoretice ale lui *Van't Hoff*[1] și *Henry Le Chatelier*[2] le-au clarificat.

[1] Van't Hoff Iacobus Henricus (1852—1919), fizico-chimist olandez. S-a născut la Rotterdam. Abia ieșit de pe băncile universității, la vîrsta de 22 ani (1874), scrie cartea *Chimie dans l'espace* (Chimia în spațiu), în care elaborează teoria atomului de carbon asimetric pentru explicarea activității optice a substanțelor. Cu această lucrare, el pune bazele stereochimiei.

Începînd din 1878 este profesor de chimie, mineralogie și geologie la Amsterdam. În anul 1884, după nenumărate observații efectuate asupra reacțiilor chimice, dă următoarea regulă aproximativă: adesea la ridicarea temperaturii cu 10°, viteza de reacție se dublează sau se triplează.

Primul a cercetat ce se întîmplă cu echilibrul cînd se schimbă temperatura; cel de-al doilea a urmărit efectele variației presiunii.

Iată ce arătau experiențele. Dacă se tulbură echilibrul, mărind, de pildă, temperatura (prin încălzirea substanțelor din sistem) se produc în sistem reacții care absorb căldură, deci reduc temperatura. Echilibrul se deplasează spre un nou echilibru, care *reduce* efectul perturbator. La fel, dacă se reduce temperatura, se produce o reacție care degajează căldură.

Cu presiunea la fel. Dacă se mărește presiunea, noul echilibru se formează prin reducerea volumului, astfel încît efectul perturbator (presiunea) este micșorat.

Nu apare oare aici, cu toată limpezimea, legea luptei contrariilor? Efectul perturbator tinde să nege starea sistemului. Prin reacțiile sale, sistemul se opune efectului perturbator. Ca rezultat al acestei acțiuni și reacțiuni (efect și contraefect) se deplasează echilibrul, unitate a contrariilor. Este ceea ce în biologie, pe un plan superior, reprezintă corelația dintre ereditate și adaptare.

Independent de concepțiile filozofice ale cercetătorilor, dialectica fenomenelor naturale se impunea în concluziile bazate pe practica experimentală. Rezultatele cercetărilor lui Van't Hoff și Le Chatelier s-au concretizat în anul 1880 prin așa numitul principiu al deplasării echilibrelor care poate fi formulat astfel: dacă asupra unui sistem în echilibru se exercită o acțiune exterioară prin modificarea unora dintre condițiile echilibrului, acesta se deplasează, în sistem avînd loc procese care slăbesc efectul acțiunii exterioare.

Așadar, sistemul reacționează asupra cauzei care acționează asupra lui. Efectul modifică însăși cauza.

În anul 1881, Dimitri Petrovici Konovalov (1856—1929) cerceta compoziția realativă a fazelor: soluție lichidă și vaporii soluției.

Ce se întîmplă cînd adăugăm într-o soluție formată din două componente o cantitate suplimentară a uneia dintre ele? Crește proporția relativă a acestui

Inițiază aplicarea sistematică a relațiilor termodinamice la studiul proceselor chimice: în anul 1885 formulează regula care-i poartă numele, în legătură cu deplasarea echilibrului chimic („cînd temperatura unui sistem, în echilibru, crește, echilibrul se deplasează în sensul în care iau naștere substanțele a căror formare are loc cu absorbire de căldură"). Această regulă va fi generalizată de Le Chatelier.

Cercetînd comportarea soluțiilor diluate, el dezvoltă teoria lor prin descoperirea relațiilor dintre presiunea osmotică și concentrație. El arată că presiunile a două soluții ale aceleiași substanțe sînt proporționale cu concentrațiile:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{c_1}{c_2}$$

Deoarece concentrațiile sînt invers proporționale cu volumele $\left(\frac{c_1}{c_2} = \frac{v_2}{v_1}\right)$, rezultă că și presiunile osmotice sînt invers proporționale cu volumele. Relația este aceeași ca între presiunea și volumul gazelor (produsul lor este constant: legea Boyle-Mariotte). Aplicarea legilor gazelor la soluțiile diluate a avut o deosebită însemnătate. Pe această bază s-au putut găsi reguli de determinare a greutăților moleculare a substanțelor, în soluție (regulile lui Raoult).

Van't Hoff a stabilit legile de bază în domeniul vitezelor de reacție, al echilibrului chimic și ale disocierii.

A fost distins cu premiul Nobel pentru chimie în anul 1901.

[2] Henri Le Chatelier (1850—1936), chimist francez. S-a ocupat, pe lîngă teoria echilibrelor de reacție, de chimia silicaților și a proceselor metalurgice.

component în soluție și se schimbă, evident, echilibrul între faza lichidă și faza vapori. În primul rînd crește cantitatea totală de vapori și — fiindcă sînt două substanțe — se schimbă conținutul relativ de vapori al celor două componente. Schimbarea aceasta se produce într-un sens bine determinat. Faza vapori se îmbogățește în acel component, a cărui adăugire la sistem mărește presiunea totală a vaporilor[1], coborînd astfel temperatura de fierbere a amestecului la presiunea exterioară dată.

Aceasta este prima regulă a lui Konovalov, care și-a dovedit valabilitatea pentru orice sistem și în orice domeniu de compoziție.

O a doua regulă a lui Konovalov se referă la situația în care tensiunea de vapori a unui amestec devine fie mai mare decît a fiecărui component în parte (maximum de tensiune), fie mai mică decît a fiecărui component (minimum de tensiune). Regula a doua a lui Konovalov arată că aceste maxime și minime de tensiuni de vapori corespund unor situații speciale; ele reprezintă punctele în care conținutul relativ al celor două componente în fază lichidă este exact același ca în fază gazoasă. Aceste amestecuri se numesc azeotrope. Dau amestecuri azeotrope cele mai diferite perechi de substanțe lichide. Alcoolul și apa formează un exemplu tipic. 96% alcool și 4% apă formează un amestec azeotropic. El fierbe ca un produs unitar, la o temperatură constantă și aceasta înseamnă că amestecul nu poate fi separat prin simplă distilare.

Pe baze strict experimentale, în 1886, François-Marie Raoult (1830—1901) și Van't Hoff au ajuns la formularea unei legi a soluțiilor diluate. Ea sună astfel: proprietățile soluțiilor diluate variază direct proporțional cu numărul de molecule dizolvate. În cazul soluțiilor de substanțe nevolatile (să zicem sare) în substanța volatilă (să zicem apă), proprietatea soluției constă în scăderea tensiunii de vapori, față de tensiunea solventului pur. Această scădere este proporțională cu numărul de molecule dizolvate.

În sfîrșit, în 1887, D. I. Mendeleev elaborează teoria sa chimică asupra soluțiilor, care pune în evidență faptul că solventul nu este un simplu mediu inert, care nu interacționează cu substanța dizolvată, ci dimpotrivă, moleculele de solvent formează cu moleculele dizolvate particule comune, asociații mai mult sau mai puțin stabile. Molecule libere de solvent și asociații (solvați) de solvent și dizolvat formează, în fond, soluția.

Regulile lui Konovalov, și, în general, regulile și legile echilibrului între faze au pătruns rapid în tehnologia chimică. Distilarea alcoolului, a petrolului, rectificarea amestecurilor obținut prin distilarea lemnului și cărbunelui erau probleme de separare a unor amestecuri binare sau ternare. Construcția coloanelor de rectificare, metodele industriale de distilare fracționată trebuiau să țină seama de legile echilibrului.

Soluțiile de gaz în lichid, de solid în solid (aliaje), puneau și ele probleme de echilibru între faze.

Izvorîte din experiențe de laborator, legile chimiei fizice pătrundeau în industrie, transformînd tehnica chimică într-o aplicație științifică.

[1] Prin presiune sau tensiune de vapori se înțelege acea presiune care ar fi necesară pentru a opri evaporarea. Fiecare lichid se caracterizează printr-o anumită tensiune de vapori la o anumită temperatură. Punctul de fierbere este temperatura la care presiunea vaporilor egalează presiunea atmosferică. De exemplu: apa la punctul ei de fierbere — 100° C—are o presiune de vapori egală cu presiunea atmosferică: 760 mm col. mercur.

Contradicții și realizări

Experiența dăduse între timp răspuns și unor probleme nerezolvate ale electrochimiei.

Johann Wilhelm Hittorf, născut în 1824, își începe lucrările de chimie în 1851 printr-o neașteptată observație asupra seleniului[1].

În 1853, Hittorf reia studiile lui Daniell asupra ionilor în pile. El își pune întrebarea: cu ce viteză se mișcă ionii în soluțiile de electrolit, considerînd că în aceste soluții — conform concepției lui Faraday — curentul se propagă prin mișcarea ionilor? El analizează soluțiile care înconjură electrozii și trage — din concentrația anionilor și cationilor în jurul electrozilor — concluzii cu privire la raportul dintre vitezele cu care se deplasează ionii. Hittorf ținea seama de legile lui Faraday și executa cu deosebită grijă analizele în diferitele etape ale electrolizei. Dar în 1853, numele acestui cercetător era încă necunoscut. Era prea tînăr pentru ca să fie ascultat cu destulă atenție. Și totuși, această lucrare din tinerețe este poate cea mai importantă dintre toate lucrările lui Hittorf, care avea să mai comunice pînă în anul 1898 o serie de descoperiri în domeniul alotropiei, al razelor catodice, al conductibilității flăcărilor.

Au trebuit să treacă 26 de ani de la comunicarea lui Hittorf, pînă cînd atenția fizico-chimiștilor a fost puternic atrasă de chestiunea vitezei ionilor prin lucrarea unui pasionat al măsurărilor exacte: Friedrich Kohlrausch. Acest fizician inventează în 1879 un mijloc simplu și precis pentru măsurarea conductibilității electroliților și efectuează nenumărate măsurări, cu aparatura lui. El folosește o celulă cu doi electrozi lamelari, care se află la o distanță de 1 cm unul de altul. În celulă se introduce o soluție, care conține o cantitate determinată de electrolit. Kohlrausch numește conductibilitate moleculară conductibilitatea unei soluții care conține o moleculă-gram de substanță. Măsurînd conductibilitatea soluțiilor și folosind, ca unitate, conductibilitatea moleculară, Kohlrausch stabilește următoarea lege:

„Viteza oricărui fel de ion este independentă de ceilalți ioni cu care ei sînt combinați în săruri". Dacă, de pildă, sodiul este combinat o dată cu clorul și altă dată cu bromul, trebuie considerat că, în ambele cazuri, viteza ionilor de sodiu este aceeași. Ceea ce obținea Kohlrausch prin măsurările lui era suma vitezelor perechilor de ioni, de care depindea conductibilitatea soluției. Hittorf determina raportul vitezelor ionilor; Kohlrausch — suma acestor viteze. Combinînd aceste două metode, se obținea viteza fiecărui tip de ion în parte. Pe această bază se putea calcula direct conductibilitatea unei sări înainte de a fi măsurată.

Determinările experimentale confirmau calculele. Aceste determinări se făceau cu o punte electrică, și azi folosită, puntea lui Kohlrausch. Interesant era faptul că relațiile stabilite aveau valabilitate numai pentru soluții foarte diluate. Interesante erau contradicțiile dintre faptele puse în evidență de Kohlrausch și vechile idei. Potasiul se mișcă cu aceeași viteză ca și amo-

[1] Seleniul amorf, care se obține picurînd seleniu metalic topit în apă rece, trece brusc la 94° în seleniu metalic, cu dezvoltare de căldură. Experiența aceasta, care punea în evidență transformările alotropice ale seleniului, a servit ca bază pentru o teorie despre stările alotropice, stări care se explică prin aceea că molecula unui element poate fi compusă dintr-un număr diferit de atomi de același fel.

niul, dacă sarea dizolvată era a aceluiași acid (de exemplu clorură de potasiu sau clorură de amoniu). Potasiul era considerat însă ca avînd o afinitate mult mai mare decît amoniul, încît trebuia să fie mai puternic legat de clor decît amoniul și deci mai greu de despărțit.

Contradicțiile nu se opreau aici. Conductibilitatea moleculară era cu atît mai mare cu cît soluția era mai diluată, tinzînd spre un maximum, la o anumită diluție limită. Așa arătau măsurările. Apoi se constată că o forță electromotoare oricît de mică producea trecerea curentului prin electrolit, ca și cum n-ar fi nevoie de o energie pentru desfacerea moleculelor în ioni. Dacă admiteai că ionii se obțin ca urmare a ciocnirilor intermoleculare (cum susținea Rudolph Clausius[1]) atunci ar fi fost firesc să crească numărul de ioni formați o dată cu creșterea concentrației, deoarece probabilitatea ciocnirilor crește proporțional cu numărul moleculelor prezente în soluție. Și o dată cu numărul ionilor trebuia să crească conductibilitatea. Deci: concentrație mare — conductibilitate mare. Dar măsurările lui Kohlrausch veneau în contradicție cu această concluzie „logică".

Grave contradicții între teoriile admise și experiență se iveau și din altă parte. Printr-o serie de experiențe strălucite, François Marie Raoult stabilise în 1884 o legătură remarcabilă între greutatea moleculară a substanțelor și coborîrea punctului de congelare a unui solvent. Regula lui Raoult, care permitea determinarea greutății moleculare prin metoda numită crioscopică[2], se poate formula astfel: dacă se dizolvă o substanță într-un solvent anumit, atunci temperatura de înghețare a respectivului solvent scade; scăderea temperaturii de înghețare este proporțională cu concentrația substanței dizolvate în soluție. Pentru fiecare moleculă-gram și pentru un anumit solvent, scăderea punctului de congelare este constantă.

Or, electroliții (substanțe care în soluție conduc curentul electric) nu ascultau de regula lui Raoult. Coborîrea punctului de înghețare era prea mare în cazul unui electrolit. Greutatea moleculară calculată apărea ca dublă și uneori triplă sau cvadruplă față de cea reală.

Svante Arrhenius[3] avea să dea soluția acestor contradicții și multor altora printr-o idee genială, care izvora din toate aceste contradicții, din toate constatările experimentale. Evenimentul s-a petrecut în anul 1887.

[1] Rudolph Clausius (1822—1888), fizician german, autorul unei importante lucrări de termodinamică. În 1857 a publicat o lucrare în care a expus într-o formă deosebit de limpede teoria cinetico-moleculară. Clausius a dat mai multe formulări celui de-al doilea principiu al termodinamicii, dintre care următoarea: „Căldura nu poate trece niciodată — fără cheltuire de lucru mecanic — de la un corp mai rece la unul mai cald" (1850). Absolutizînd acest principiu, prin extinderea lui de la sisteme finite și închise — în care este valabil — la sistemul infinit al universului, Clausius a tras o concluzie idealistă cunoscută sub numele de „moartea termică a universului," concluzie care vine în contradicție cu întreaga evoluție a materiei.

[2] O metodă similară bazată pe creșterea corespunzătoare a punctului de fierbere a solventului a fost stabilită tot de Raoult în 1888 — metoda ebulioscopică.

[3] Fizico-chimist suedez (1859—1927) născut la Upsala. A fost profesor de fizică la o școală particulară superioară din Stockholm începînd din 1895, apoi director al Institutului „Nobel" (1909) pentru chimie fizică, după ce în 1903 a primit Premiul Nobel pentru lucrările lui în legătură cu disociația electrolitică, din 1882—1887. A lucrat și în domeniul imunoterapiei, în astronomie, în astrofizică. A scris interesante lucrări de popularizare a marilor probleme de fizică.

Cu 10 ani înaintea acestui moment esențial al chimiei fizice, un botanist care cerceta cu pasiune mișcările diurne și nocturne ale plantelor[1] și încerca să descopere condițiile fizice care condiționează metabolismul în lumea vegetală, începuse un șir de experiențe cu membranele semipermeabile descoperite de Moritz Traube în 1867[2].

Botanistul de care vorbim era un om interesant; el depășise în domeniul botanicii concepțiile înguste, clasificante, ale vechii biologii. Este vorba de Wilhelm Pfeffer. În 1877, el folosește membrane semipermeabile, de tipul celor create de Traube, pentru a examina ce se petrece la limita dintre celulele vii și mediul care le înconjoară. Experiențele lui Pfeffer arată că apa trece prin membrana semipermeabilă spre zona cu soluție, cu o viteză mai mare decît aceea de trecere a apei din soluție în apă. De partea soluției crește presiunea care determină creșterea vitezei de trecere a apei în soluție prin membrană, pînă la atingerea unui echilibru. Acest echilibru se realizează atunci cînd presiunea pe membrană a atins o anumită limită. Această presiune este denumită osmotică și Pfeffer arată că ea este proporțională cu concentrația soluției, că ea depinde și de temperatură, fiind proporțională cu temperatura și că nu depinde de natura chimică a substanței dizolvate și de solvent.

Fizico-chimistul Van't Hoff, care dovedise — cu prilejul elaborării teoriei structurii corpurilor optic-active — forța gîndirii sale generalizatoare, sesizează importanța rezultatelor lui Pfeffer. El reia experiențele. Măsoară presiuni osmotice, intabulează rezultatele și elaborează relațiile matematice ale legilor osmozei. Tratarea matematică a acestor legi îi îngăduie să realizeze o analogie esențială. Constanta care intervenea în relația dintre concentrație și presiunea osmotică avea aceeași valoare ca și constanta din legea gazelor[3]. Van't Hoff generalizează, cu acel curaj pe care-l dau terenul solid al experienței și aripa sigură a relațiilor matematice. Legile gazelor se aplică și soluțiilor. Molecula corpului dizolvat se mișcă dezordonat în solvent, ca și moleculele unui gaz. Dacă se consideră volumul solventului ca volum de expansiune al moleculelor dizolvate, atunci toate legile cantitative ale gazelor se pot aplica soluțiilor.

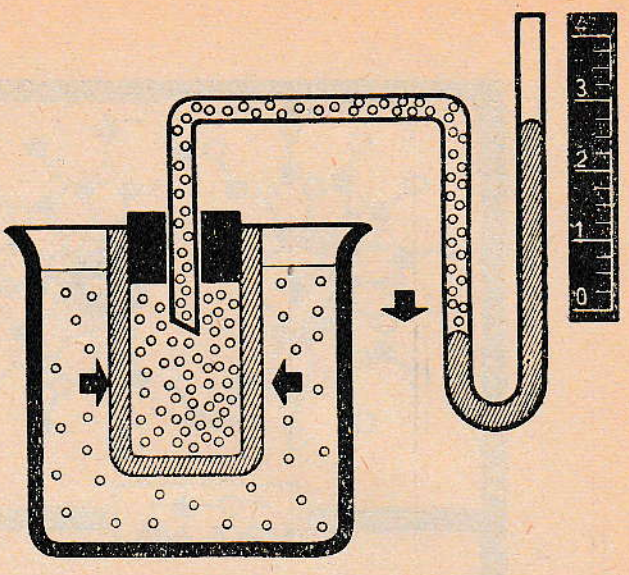
Această îndrăzneață generalizare aducea în domeniul soluțiilor, atît de puțin cunoscut și înțeles, întreaga zestre de legi descoperite de Boyle, Mariotte, Gay-Lussac. Soluțiile puteau fi cercetate cu instrumentul sigur al legilor cantitative.

Era un moment esențial al chimiei fizice. Teoria presiunii osmotice explica și regulile lui Raoult, stabilite în același an cu cercetările lui Van't Hoff

[1] Wilhelm Pfeffer dăduse în 1873 interesante explicații mișcărilor sensibilei *Mimosa pudica*, sub influența excitațiilor externe. El sublinia rolul disimetriei în structura articulațiilor vegetale la mișcările de îndoire și considera drept factori ai „nastiilor" (mișcări ale plantelor de tipul închiderii și deschiderii zorelelor etc.) variația de temperatură și umiditate, pe lîngă variația de intensitate a luminii.

[2] Moritz Traube preparase membrane semipermeabile (care lasă să treacă apa, dar nu și substanțele dizolvate în ea), din clei și acid tanic.
În ultimele decenii ale veacului nostru, după apariția rășinilor sintetice, activitatea experimentală în legătură cu membranele semipermeabile a căpătat un nou impuls, devenind una din sursele unor interesante aplicații în prepararea substanțelor de puritate maximă, în analitica chimică, în studiul chimiei biologice și coloidale.

[3] PV = RT. În această relație, P este presiunea, V — volumul, R — *constanta universală a gazelor* și T — temperatura absolută.



Schema dispozitivului experimental pentru măsurarea presiunii osmotice (Osmometru)

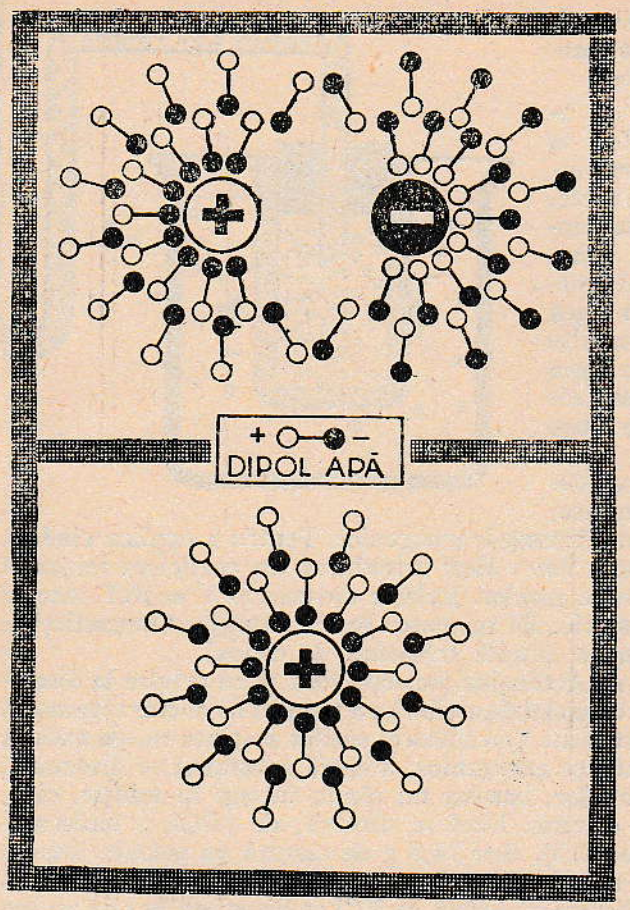
(1884). Legile lui Van't Hoff se aplicau admirabil la compușii organici, ca alcooli, zaharuri etc. Dar ele păreau inaplicabile la compușii anorganici: săruri, acizi, baze. Nu numai că în cazul acestor corpuri, constanta din legea presiunii osmotice căpăta alte valori decît constanta din legea gazelor, dar diferiți acizi sau săruri dădeau valori diferite între ele.

Legea simplă a gazelor, care devenea și legea presiunii osmotice, nu permitea calculul pentru substanțele anorganice. Pentru a explica ciudata comportare a acestor corpuri, Van't Hoff introducea un coeficient irațional în relația care exprimă legea gazelor. Relația devenea: $PV = iRT$. Acesta era însă un artificiu matematic. El nu putea salva situația. Contradicțiile nu se lăsau rezolvate printr-o simplă trăsătură de condei.

Cînd în 1887 suedezul Svante Arrhenius prezenta teza sa cu privire la disocierea electrolitică, membrii comisiei de atribuire a titlului de doctor respinseră ideea lui Arrhenius ca imposibilă. Cercetătorul suedez susținea că, pe măsură ce crește diluția unei substanțe anorganice, această substanță se disociază; că moleculele sărurilor, acizilor, bazelor nu rămîn întregi în soluție, ci se disociază în ioni încărcați electric. Dacă se dizolvă, de pildă, o moleculă-gram de clorură de potasiu (KCl), deci 74,5 g de clorură de potasiu într-un litru de apă, vom avea în soluția diluată un număr dublu de particule față de numărul de molecule. Fiecare moleculă de KCl se disociază în cîte un ion de K și unul de Cl. Primul încărcat pozitiv (K^+), al doilea negativ (Cl^-). În acest caz, presiunea osmotică va fi de două ori mai mare decît cea la care ne așteptam. Scăderea punctului de congelare va fi și ea dublă. Abaterile de la legile lui Van't Hoff și Raoult se explică dintr-o singură trăsătură. Pentru soluții mai concentrate, disocierea nu este completă și în acest caz calculul duce la valori intermediare. O sare ca fosfatul neutru de potasiu (K_3PO_4) se desface în particule, 3 ioni de potasiu monovalenți ($3K^+$) și unul de PO_4^{---}, cu trei sarcini negative, trivalent.

Toate contradicțiile descoperite în legătură cu legile lui Raoult și Van't Hoff dispăreau. Valabilitatea acestor legi căpăta o nouă și strălucită confirmare.

Membrii comisiei de doctorat respinseseră ideea inovatoare a lui Arrhenius, dar faptele experimentale o confirmau. Soluțiile diluate aveau o culoare specifică, alta decît a substanței în stare moleculară (solidă sau topită). Culoarea se datora, fără îndoială, ionilor disociați. Dacă analizai o soluție de sare de argint, fie ea azotat de argint sau orice altă sare de argint solubilă, puteai să precipiți argintul cu același acid clorhidric, sub formă de clorură. De fapt, toate



Disociere electrolitică în soluție apoasă; în jurul ionilor pozitivi și negativi, se orientează moleculele de apă ca niște dipoli electrici.

<

reacțiile în soluție se petrec ca și cum ionii ar fi liberi și nu legați în soluție. Tot materialul experimental cu privire la soluții confirma ideea disocierii în soluție, independent de acțiunea vreunui curent electric, idee pe care o susținea Arrhenius. Se explica astfel de ce, la o tensiune oricît de mică, un electrolit devenea conductor. Sarcinile electrice călătoreau cu ionii.

Teoria lui Arrhenius lumina întregul material experimental în legătură cu soluțiile, conductibilitatea electrolitică, deosebirea dintre substanțele anorganice tipice și cele organice tipice (nedisociabile în ioni).

Aplicarea principiilor termodinamice și a relațiilor matematice ale termodinamicii la studiul soluțiilor, în cadrul teoriei lui Arrhenius, transforma studiul soluțiilor și al electrolizei în cel mai puternic capitol al chimiei fizice.

După 2 ani de la elaborarea ei, teoria lui Arrhenius, care lucra pe atunci în laboratorul condus de Wilhelm Ostwald, devenise celebră.

În aceleași laboratoare, va veni să se perfecționeze Ivan Alexeevici Koblukov[1] (1857—1942), în anul 1889. El era cunoscut în lumea fizico-chimiștilor. Ideea lui expusă în 1888 — așa cum se poate citi în *Manualul de istorie a tehnicii și științelor naturii*[2], redactat de Ludwig Darmastätter — „de a

[1] Termină Universitatea din Moscova, unde studiază cu Markovnikov, în 1876. În 1881, efectuează studiul *O nouă metodă de obținere a oximetilenului*, sub conducerea lui Butlerov. După lucrările din Leipzig, în laboratorul lui Ostwald, își susține teza de doctorat (1891) cu titlul *Teoriile actuale ale soluțiilor în legătură cu teoriile echilibrului chimic*. A fost profesor de chimie la Academia Agricolă din Moscova, apoi la Universitatea din Moscova. Moare în 1942, la Taşkent.

[2] Berlin, 1908.

agita lichidul de analizat în timpul electrolizei", dă prima indicație pentru metoda rotațională de analiză (electroliză cu folosirea unor electroliți puternic mișcați).
În 1889, Koblukov, în laboratorul lui Ostwald, efectuează o serie de măsurări asupra electroconductibilității acidului clorhidric în soluții neapoase.
În acest laborator era obiceiul să-ți construiești singur aparatura de care aveai nevoie.
Koblukov își construiește aparatura, măsoară și interpretează rezultatele. Interpretările lui nu se potrivesc însă întotdeauna cu ideile conducătorului laboratorului. Domneau pe atunci două concepții în materie de soluții de electroliți. Unii cercetători — și în fruntea lor se găsea Ostwald — aveau o concepție „pur" fizică despre soluții. Solventul și dizolvatul nu se influențează unul pe altul. Alții considerau că între solvent și dizolvat există interacțiune chimică. Cei dintîi studiau soluțiile diluate apoase. Ceilalți examinau soluții mai concentrate și neapoase, tocmai pentru a pune în evidență interacțiunea chimică. Dintre cei din urmă face parte Koblukov. Sub conducerea lui Arrhenius, Koblukov lucrează cu acid clorhidric în diferiți solvenți. Lucrarea lui se intitulează: *Despre conductibilitatea electrică a acidului clorhidric în diferiți solvenți*. Interpretînd rezultatele obținute, Koblukov susține că electroconductibilitatea moleculară a acidului clorhidric depinde de natura solventului. Este fenomenul de conductibilitate „anormală".
După Arrhenius, conductibilitatea trebuia să crească o dată cu diluția. Koblukov demonstrează că aceasta este adevărat numai pentru soluții apoase. Interpretarea pur fizică a soluțiilor, propagată cu fervoare de Ostwald, se arată a fi insuficientă. Interacțiunea chimică dintre solvent și dizolvat era o realitate precisă. Ea confirma concepția lui Mendeleev asupra soluțiilor.
Formulînd — pe baza experiențelor lui — ideea hidratării ionilor în soluție, Koblukov aruncă o punte de legătură între teoria fizică a soluțiilor și cea chimică a lui Mendeleev.

*
* *

În ultimul deceniu al veacului al XIX-lea, chimia fizică putea privi cu mîndrie în urma ei. Principiul conservării masei și energiei, legile termodinamicii, legile echilibrului chimic, legile electrochimiei erau tot atîtea cuceriri confirmate de nenumărate experiențe.
A urmat consolidarea chimiei fizice ca disciplină de sine stătătoare teoretică și experimentală. Pe lîngă *termodinamica chimică*, *cinetica-chimică*[1], *electro-*

[1] Remarcabile lucrări experimentale și teoretice de cinetică chimică a efectuat, printre alții, Nicolai Alexandrovici Șilov (1872—1930), care a cercetat viteza oxidării simultane a acizilor arsenios și sulfuros cu ajutorul acidului bromic (1903) și cinetica oxidării lente a unor acizi organici (formic, oxalic și tartric) cu manganat de potasiu (1903—1905).
Lucrările lui Șilov, publicate în 1905 sub titlul *Reacții conjugate de oxidare*, pun bazele unei interesante teorii a reacțiilor conjugate în soluții. Șilov demonstrează experimental că unele reacții în soluții nu se produc decît dacă în aceeași soluție se petrece o reacție simultană, paralelă, de oxido-reducere. O reacție „induce" pe cealaltă.
Lucrările de cinetică ale lui Șilov reprezintă un punct de pornire pentru celebrele lucrări ale academicianului N.N. Semionov, laureat al Premiului Nobel, asupra reacțiilor de ardere, propagării flăcărilor și exploziilor.

chimia și *teoria soluțiilor*, chimia fizică s-a îmbogățit prin marele capitol al *structurii materiei*, cuprinzînd structura atomilor, a moleculelor, a particulelor plurimoleculare și coloidale[1].

Capitolul de structură a materiei este un produs al veacului al XX-lea; el s-a născut și s-a dezvoltat ca urmare a unor descoperiri fundamentale în domeniul particulelor subatomice și a inventării unor unelte de cercetare ca tubul generator de raze X sau spectrometrul de masă, spectrometrul de rezonanță electronică și cel de rezonanță magnetică nucleară, pe care le vom aminti în paginile următoare ale acestei cărți.

Paralel cu găsirea soluțiilor generale ale problemelor ivite la limita dintre fizică și chimie, chimia fizică avea de dat răspunsul la unele probleme practice imediate, pe care le ridicau marea producție metalurgică și chimică. Francezul Floris Osmond (1849—1912) în același timp (1863) cu mineralogul englez Henry Clifton Sorby din Sheffield inventează metalografia microscopică. Este o metodă optică de analiză a structurii aliajelor, care constă în fotografierea prin reflexe, în microscop, a unor lame de metal fin polizate, atacate cu reactivi. Această ingenioasă metodă a însemnat începutul cercetării științifice a aliajelor. Cunoașterea legăturii dintre structura aliajelor, compoziția lor și modul de obținere a unor aliaje cu proprietăți speciale (oțeluri „inoxidabile", oțeluri aliate cu tungsten, nichel, crom sau cu metale rare pentru instalații industriale și pentru armament, duraluminiu pentru avioane) cerea să se pună la punct metode subtile de cercetare și analiză. Metalografia s-a completat curînd cu „analiza termică", ale cărei baze au fost puse de Osmond și Le Chatelier.

Analiza termică studiază comportarea maselor topite la răcire, înregistrînd variația temperaturii în timp. Temperaturile se măsoară cu termocupluri. Ansamblul curbelor de răcire dă o diagramă cu puncte și linii caracteristice (maxime și minime de temperatură, paliere de temperatură constantă etc.), a cărei cercetare îngăduie să se distingă metalele pure de aliaje și soluții solide.

Gustav Tammann a construit pentru analiza termică un cuptor special electric cu tuburi de grafit, în care temperatura poate fi ușor ridicată pînă la 2 500°C.

[1] Particule formate fie prin asocierea multor molecule („coloizi de asociație"), fie dintr-o moleculă foarte mare de polimer („coloizi moleculari").
În 1861, Graham a făcut pentru prima oară deosebirea între cristaloizi (substanțe de felul zahărului sau al sării de bucătărie care dau soluții propriu-zise, omogene) și coloizi (substanțe ale căror soluții, numite soluri, sînt sisteme eterogene, cu două faze, una din ele fiind totalitatea particulelor coloidale).
Ultramicroscopul inventat de Siedentopf și Zsigmondy în 1903 a făcut posibil studiul optic al particulelor coloidale. Aceste particule au o mișcare curioasă de agitație, observată pentru prima oară de Robert Brown, în 1828, și de aceea numită mișcare browniană. Ea se datorește „bombardamentului" la care sînt supuse particulele coloidale din partea moleculelor vecine, așa cum a demonstrat experimental Perrin în 1908.
Studiul proprietăților mecanice, optice și electrice ale particulelor coloidale s-a transformat într-o disciplină de sine stătătoare, „chimia coloidală", cu aplicații importante în studiul maselor plastice, al structurii și schimburilor de substanțe în celulele vii, al substanțelor de tipul gelatinei, al materialelor de tipul lemnului sau pielii, al săpunurilor, al medicamentelor, al cetii și fumului din atmosfera uzinelor și a marilor centre industriale.

Nikolai Semionovici Kurnakov[1] (1860—1941) creează noi mijloace de măsurare a temperaturii. Pentru a împinge în jos limitele de măsurare cu termometrul de mercur, mai jos decît — 38,8°C, temperatura la care mercurul congelează, Kurnakov inventează (în 1902) termometrul cu amestec de mercur-taliu (amalgam cu 8,5% taliu). În acest fel, termometrul funcționa pînă la —60°C. Pentru a ușura obținerea diagramelor de analiză termică a aliajelor, Kurnakov inventează un pirometru auto-înregistrator.

*
* *

La sfîrșitul secolului al XIX-lea, chimia fizică devenise baza teoretică a unor metode experimentale folosite în laboratoarele de cercetări și în cele de uzină. Ea răspundea direct problemelor ridicate de industria siderurgică și chimică.

Cu aceste mijloace se urmăresc — pe baza legilor soluțiilor stabilite de chimia fizică — transformările chimice în topituri. Reprezentarea grafică a rezultatelor prin diagrame în două și trei dimensiuni dă o imagine clară a conexiunii dintre compoziție, temperatură și proprietățile fizice. De aici se nasc rețetele științifice de „tratare termică" a aliajelor, stabilindu-se durata de încălzire, temperatura și programul optim de variație a temperaturii în timp, la tehnologia oțelului și a celorlalte aliaje.

[1] Născut la Nolinsk, în gubernia Viatka. Termină Institutul de mine din Petersburg (1881) unde rămîne pentru a-și continua studiile de chimie. După susținerea tezei de doctorat cu titlul *Despre bazele metalice complexe* (1893) este numit profesor de chimie organică la Institutul de mine. Între anii 1902—1930, ocupă catedra de chimie generală la Politehnică. În 1913 devine membru al Academiei, iar în 1918, director al Institutului de analize fizico-chimice.

Partea a patra

XXVIII. În adîncurile atomului și moleculei

„Electronul este tot atît de inepuizabil ca și atomul, natura este infinită și ea are o existență infinită, și tocmai această recunoaștere, singura categorică, singura necondiționată a existenței ei în afara conștiinței și a senzațiilor omului deosebește materialismul dialectic de agnosticismul relativist și de idealism"

V. I. LENIN

Înspre sfîrșitul secolului al XIX-lea, uzinele metalurgice, uzinele chimice, rafinăriile de petrol deveniseră uriașe centre ale producției sociale, grupînd zeci de mii de muncitori în cîte o unitate industrială. Motoarele cu ardere internă și motoarele electrice multiplicau capacitatea de producție a uzinelor. În industrie electricitatea și procedeele chimice erau folosite pe scară largă.

Concentrarea nemaivăzută a producției și a capitalurilor a dus la crearea trusturilor, cartelurilor și a concernelor, uriașe uniuni monopoliste. Capitalul financiar, format din fuziunea capitalului bancar cu cel industrial, se revărsa peste granițe, sugînd ca o pompă uriașă plusvaloarea pe plan mondial. Oligarhia financiară, stăpînă a acestui capital, domina economia și politica statelor capitaliste.

Spre sfîrșitul veacului al XIX-lea, stăpînă în Indii, Anglia pătrundea în Africa, de la Niger la Zanzibar. Se întîlnea pe Nil cu Franța, căreia îi lăsa Sahara. Statele Unite întindeau tentaculele „imperialismului dolarului" peste America de Sud. Ocupau Porto Rico, Guam și Filipinele. Puneau bazele expansiunii lor pe ruinele imperiului colonial spaniol. Marile puteri imperialiste treceau la fărîmițarea și înrobirea economică a Chinei.

Împărțirea teritorială a lumii între marile state imperialiste era terminată la începutul veacului al XX-lea. Capitalismul în faza sa imperialistă se transformă într-un sistem mondial de exploatare colonială a sute și sute de milioane de oameni.

O perioadă de dezvoltare inegală, în salturi și catastrofe, a urmat răspîndirii mai mult sau mai puțin pașnice a capitalismului pe glob.

Tendința spre parazitism și putrezire, proprie imperialismului, se face simțită în Anglia mai devreme decît în alte țări. În timp ce profiturile burgheziei engleze cresc pe seama exportului de capital, Anglia rămîne tot mai mult în urmă pe tărîmul investițiilor în industrie și al progresului tehnic. În 20 de ani, între 1880 și 1900, se dezvoltă vertiginos economia S.U.A.; în preajma primului război mondial Statele Unite lasă în urmă Anglia.

În 1900, mărfurile marilor uzine electrice, metalurgice și chimice germane concurează pe cele engleze și franceze, chiar pe piețele Londrei și Parisului.

În Asia, Japonia se transformă dintr-un stat feudal într-un stat capitalist modern, hrăpăreț, care trece rapid la imperialism și — concurînd expansiunea colonialistă a statelor Europei în Extremul Orient — dezlănțuie războiul chino-japonez (1894—1895) și ruso-japonez (1904—1905).

Noile concurente la expansiunea colonială cer reîmpărțirea teritorială a lumii. Statul german proclamă „pangermanismul" și politica „pumnului cuirasat". *Drang nach Osten* devine cuvîntul de ordine al imperialismului german.
Lupta înverșunată pentru piețele de desfacere, pentru surse de materii prime, pentru „aerul" imperialismului ia forma războaielor pustiitoare, care cuprind întreaga lume.
Monopolurile aruncă conducătorilor reformiști și unui mic număr de muncitori aristocratizați firimituri de la masa exploatării sîngeroase a lumii. Astfel, după moartea lui Engels (1895), partidele social-democrate din Europa lunecă pe panta oportunismului; conducătorii lor propovăduiesc părăsirea luptei de clasă, renunțarea la revoluție și înțelegerea cu burghezia.
În luptă cu oportunismul, în condițiile statului țarist, în care s-au împletit toate contradicțiile epocii imperialiste, se organizează primul partid marxist revoluționar de tip nou — partidul bolșevic, condus de Lenin.
Genial teoretician, organizator și strateg al clasei muncitoare și al mișcării muncitorești internaționale, Lenin dezvoltă marxismul în noile condiții istorice. Leninismul — marxismul epocii imperialismului și al revoluției proletare victorioase — își demonstrează în uriașe bătălii istorice forța atotbiruitoare.
Imperialismul se dovedește ajunul revoluției proletare, stadiul final al capitalismului în descompunere.
În octombrie 1917 are loc în Rusia cel mai important eveniment al istoriei mondiale, victoria Marii Revoluții Socialiste. Ia ființă primul stat muncitoresc-țărănesc, primul stat al dictaturii proletariatului. Eșafodajul capitalismului este zdruncinat din temelii. Marea Revoluție Socialistă din Octombrie a deschis o epocă nouă în istorie: epoca revoluțiilor socialiste și a revoluțiilor de eliberare națională, epoca prăbușirii imperialismului și a lichidării sistemului colonial, epoca triumfului socialismului și comunismului pe scară mondială.

O revoluție în știință

La sfîrșitul veacului al XIX-lea și începutul veacului nostru, tehnica mondială a devenit o tehnică bazată pe știință. Între producție și știință, legătura e tot mai strînsă. Pe baza rezultatelor obținute în electromagnetism, optică și mecanică, s-au putut construi aparate și dispozitive experimentale de mare sensibilitate și precizie. Descărcările în gaze, curenții de înaltă frecvență, cîmpurile magnetice de mare intensitate, vidul înalt și marile presiuni deveneau mijloace de investigație ale cercetătorului de laborator. Asemenea mijloace au dus la descoperirea unor fenomene fizice și chimice, care în trecut scăpau observației. Dezvoltarea matematicii a pus la îndemîna cercetătorilor naturii sisteme cu totul noi de exprimare a relațiilor dintre mărimile fizice.
O dată cu o continuă diferențiere a științelor, are loc un proces de integrare, de întrepătrundere a acestora. Se dezvoltă asemenea științe cum sînt chimia fizică, biochimia, astrofizica etc. Se accentuează caracterul social, colectiv al cercetării științifice. Pentru rezolvarea problemelor teoretice și practice

tot mai complexe e necesară unirea eforturilor unui mare număr de cercetători. Industria devine tot mai mult unul din principalele terenuri de desfășurare a cercetărilor experimentale.

Toate acestea au dus, la sfîrșitul secolului al XIX-lea și începutul secolului al XX-lea, la o adevărată revoluție în știință. Începutul l-a făcut fizica, a cărei dezvoltare, sub presiunea necesităților tehnicii, era cea mai rapidă. Experiențe cu descărcări electrice în tuburi vidate pînă la o presiune de cîțiva milimetri coloană de mercur au dus la celebra descoperire a razelor Roentgen (1895)[1]. Imediat după descoperirea lor, J.J. Thomson și alți fizicieni fac nenumărate experiențe cu acest nou mijloc de investigație. Ei constată că razele X, trecînd prin gaze, le fac conductibile pentru curentul electric. Cu forța necesității, teoria ionică, dezvoltată anterior pentru lichide, își caută o expresie corespunzătoare pentru gaze. Așadar, ionizarea gazelor cu ajutorul unor radiații, intra în cîmpul cercetării ca o nouă realitate. Un an după descoperirea razelor Roentgen, H. Becquerel descoperă radiația uraniului (1896)[2].

În 1895, în același an în care Roentgen deschidea capitolul razelor X, Jean Perrin demonstra experimental că razele catodice, descoperite cu vreo 15 ani înainte, încarcă negativ un conductor izolat.

Radiațiile emise de substanțe, radiațiile emise de catodul tuburilor în care se produc descărcări electrice, radiația X, efectele ionizante asupra gazelor, deviația razelor sub influența unui cîmp magnetic sau electric, toate acestea erau fenomene noi, neașteptate.

J.J. Thomson atacă în 1897 problema „naturii" razelor catodice. El folosește un tub special construit, puternic vidat, care permitea măsurarea efectului unui cîmp electric sau a unui cîmp magnetic asupra radiațiilor. Thomson emite ipoteza că radiația cercetată este alcătuită din particule, și măsoară deviația fasciculului de raze sub acțiunea cîmpului magnetic și a celui electric. Pe baza ipotezei sale corpusculare și folosind valorile abaterilor de la linia dreaptă a razelor, el calculează în 1897 raportul dintre încărcarea electrică și masa ipoteticilor corpusculi, precum și viteza lor. Acest moment este considerat în general ca data descoperirii electronilor. În anii imediat următori (1898—1899), Thomson face noi experiențe, care-i îngăduie să evalueze și masa acestor particule. El emite ipoteza că particulele examinate sînt constituenții „ultimi" ai elementelor.

Thomson dădea astfel o primă demonstrație experimentală a caracterului corpuscular al electricității.

Pe altă linie de cercetare, bazîndu-se pe teoria electromagnetică a lui Maxwell asupra luminii, Hendrik Anton Lorentz din Leyda emite în 1883 o teorie electrică („teoria electronică") asupra materiei. Această teorie, care presupunea drept vibratori, drept surse ale undelor electromagnetice care constituie lumina, subparticule materiale (fracțiuni de atomi) prevedea efectul cîmpului magnetic asupra spectrelor.

Pieter Zeeman demonstrează experimental, în 1896, acest efect, acționînd cu un cîmp magnetic puternic asupra unei surse de lumină, obținînd astfel mărirea intervalelor dintre liniile spectrale ale gazelor. Efectul a fost folosit la determinări ale raportului dintre sarcina și masa ipoteticei particule vi-

[1] Vezi capitolul XXIX, *Radiochimia*.
[2] *Ibidem*.

bratoare. Valorile se potriveau cu cele găsite de Thomson. Corpusculul lui Thomson se arăta a fi același cu „electronul" lui Johnstone Stoney, nume reluat de Lorentz. Teoria lui Lorentz, confirmată experimental prin punerea în evidență a efectului prevăzut de ea, exprimă materia în termenii electricității.

În 1898 se calculează raportul dintre sarcina electrică și masă pentru razele pozitive (sau canal). Un an mai tîrziu, Rutherford identifică în radiația uraniului două tipuri de radiații, pe care le numește alfa și beta.

În sfîrșit, anul 1900 aduce epocala descoperire a radioactivității[1].

În timp ce se recepționau aceste semnale din interiorul atomilor, fizicienii aveau de întîmpinat dificultăți serioase în interpretarea fenomenelor nou-descoperite și a altora, cunoscute mai de mult. În 1901, Planck rezolvă contradicția ce se ivise între mecanica clasică și faptele experimentale, elaborînd teoria mecanicii cuantice, care consideră că radiația nu este continuă, ci se prezintă în particule discontinui și că energia acestor particule este diferită ca mărime, după frecvență. „Cuanta de energie" (ε), unitate de propagare a energiei, este proporțională cu frecvența (ν), iar factorul de proporționalitate este o constantă, constanta lui Planck (h)

Relația lui Planck: $\varepsilon = h\nu$, din care rezultă imediat: $h = \varepsilon T$ unde T este timpul unei vibrații[2], răsturna idei de mult înrădăcinate. Energia nu se propagă continuu, ci în fragmente, în cuante.

Edificiul mecanicii clasice se clătina. Fundamentele lui erau reexaminate. Cînd Einstein și o serie de alți cercetători vor folosi, cu un succes deosebit, noua mecanică a lui Planck în rezolvarea unor probleme teoretice privind fenomene legate de căldura specifică a substanțelor, neîncrederea inițială în teoria lui Planck se va spulbera. Previziunile făcute pe baza ei căpătau o strălucită confirmare experimentală. Constanta h își dovedea semnificațiile de constantă universală.

Mecanica newtoniană a avut de suferit și un alt șoc, mai puternic. Este vorba despre teoria relativității.

Lucrurile își au începutul într-o celebră experiență efectuată de Albert A. Michelson și elevii săi în anul 1887, cu un instrument, care avea să devină celebru: interferometrul pentru măsurat lungimi. Cu acest instrument, care folosea interferența razelor de lumină, în condiții de înlăturare a erorilor ce s-ar putea datora vibrațiilor și altor factori perturbatori, Michelson încearcă să stabilească diferența de viteză a luminii, măsurată în două sensuri, diferite între ele cu un unghi drept. El nu găsește nici o diferență. Viteza luminii apărea o constantă, independentă de viteza pe care o are experimentatorul, în raport cu sursa de lumină, independent de faptul dacă el venea spre această sursă sau se îndepărta de ea.

Einstein pornește de la acest fapt experimental, de la constatarea că viteza luminii este o mărime „invariantă". Constanta vitezei luminii implica ideea că nici distanța spațială între două evenimente, nici intervalul de timp dintre ele nu are o semnificație fundamentală în descrierea matematică și tratarea fenomenului, ci „intervalul spațiu-timp". Această mărime are aceeași valoare, independent de mișcarea proprie a observatorului. Nici spațiul,

[1] Vezi cap. XXIX, *Radiochimia*.

[2] Frecvența (ν) este numărul de vibrații pe secundă; deci o singură vibrație se produce în $1/\nu$ secunde. Acest timp (T) este perioada vibrației.

nici timpul, nici masa, măsurate separat, nu vor fi constante, independente de viteza observatorului.
Folosind instrumentul matematic pregătit de predecesorii și contemporanii săi, Einstein exprimă, în limbajul ferm al matematicii, teoria relativității. El trage concluzii înnoitoare din teoria sa. El demonstrează că și masa va depinde de viteză și că la o viteză egală cu aceea a luminii, masa oricărui corp devine infinită. El deduce relația fundamentală dintre energia totală (E) a unui sistem, masa acelui sistem (m) și viteza luminii (c): $E = mc^2$, relație care cuprinde într-o expresie unică ideea de constanță a materiei în mișcare.
Prima comunicare a teoriei relativității a avut loc în anul 1905.
Unde electromagnetice, radiații, electroni, cuante de energie, relativitate, legi noi ale mișcării în care intervin idei atît de neașteptate, ca discontinuitatea fenomenelor continui, și relativitatea lungimilor, a timpului, a simultaneității evenimentelor, toate acestea demonstrau vulnerabilitatea și relativitatea noțiunilor care pînă atunci, mărturisit sau nemărturisit, fuseseră considerate etern valabile.
Vechea imagine mecanicistă a lumii își pierdea definitiv dreptul la existență.

Criza fizicii. Idealismul „fizic"

Răsturnarea revoluționară a noțiunilor vechi despre forma corpusculară ca unică formă de existență a materiei, despre atomii neschimbători și indestructibili, despre asemenea însușiri ale materiei care păreau pînă atunci absolute, imuabile, primordiale (impenetrabilitate, inerție, masă), despre spațiu, timp, a dus la o confuzie teribilă în mintea multor cercetători ai naturii, nepregătiți să înțeleagă dialectica fenomenelor. Criza fizicii de la sfîrșitul veacului al XX-lea a dus la o stare de spirit, pe care Lenin a exprimat-o prin cuvintele: „*Esența* crizei fizicii contemporane constă în răsturnarea vechilor legi și principii fundamentale, în negarea realității obiective dinafara conștiinței, adică în înlocuirea materialismului prin idealism și prin agnosticism. «A dispărut materia» — iată cum ar putea fi exprimată dificultatea fundamentală și tipică în multe probleme particulare, dificultate care a dat naștere acestei crize"[1].
Profitînd de confuzia iscată în rîndurile oamenilor de știință de noile descoperiri ale științelor naturii, ideologii burgheziei proclamau necesitatea de a renunța la ideea materialității lumii și a posibilității de cunoaștere a naturii. Dar, așa cum a demonstrat Lenin, idealismul — fie el proclamat ca energetism, fie ca „neopozitivism", „machism" sau „empiriocriticism", ca „monism" (sau, în veșmintele sale mai noi, ca „pragmatism", „pozitivism logic", „filozofie semantică", „instrumentalism") — idealismul care se vrea „fizic", adică bazat, chipurile, pe cuceririle științelor naturii, vine în contradicție cu științele naturii, cu esența marilor descoperiri ale fizicii. Dacă totuși aceste forme ale filozofiei idealiste au căpătat o răspîndire destul de largă, aceasta se datorește faptului că, în epoca imperialismului, reacțiunea poli-

[1] V. I. Lenin, *Materialism și empiriocriticism* în *Opere*, vol. 14, Editura Politică, 1959, p. 252.

tică încearcă pe toate căile posibile ofensiva împotriva a ceea ce e nou și revoluționar, împotriva adevărului, împotriva viitorului.
Pe de altă parte, a arătat Lenin, fizicienii au putut aluneca spre idealism pentru că nu cunoșteau dialectica. Ei nu înțelegeau că nu materia a dispărut, ci o anumită imagine fizică a materiei, care a făcut loc unei alte imagini, mai profundă, mai complexă, mai apropiată de realitate.
Referindu-se la problema esențială a definirii naturii materiale, Lenin spune:
„Electronul este tot atît de *inepuizabil* ca și atomul, natura este infinită, și *ea are o existență* infinită, și tocmai această recunoaștere, singura categorică, singura necondiționată, a *existenței* ei în afara conștiinței și a senzațiilor omului, deosebește materialismul dialectic de agnosticismul relativist și de idealism"[1].
„Căci *unica* «însușire» a materiei, de a cărei admitere este legat materialismul filozofic, este aceea că *ea există ca realitate obiectivă*, că ea există înafara conștiinței noastre"[2].
Analizînd cuceririle științelor naturii în lumina materialismului dialectic, Lenin a demonstrat că revoluția în știință a generat o criză doar în mintea celor ce gîndeau metafizic și a idealiștilor de toate nuanțele. El a arătat — și viața a confirmat în mod strălucit — că singurul drum de ieșire din „criza fizicii" este trecerea oamenilor de știință pe pozițiile dialecticii materialiste.

„Energetica"

Una dintre variantele idealismului „fizic" a fost confecționată de „marele chimist și mic filozof", Wilhelm Ostwald. „Energetica" lui, pe care el o visa ca pe „moștenirea științifică cea mai fecundă în speranțe", pe care secolul al XIX-lea avea s-o lase secolului al XX-lea, a dat de mult faliment. Atomii, a căror realitate el o nega cu înverșunare, și-au dovedit existența obiectivă, iar fizica modernă a ridicat acest edificiu grandios al atomisticii contemporane, operînd experimental cu atomul și cu particulele subatomice.
Cuvîntul *energetică*, pe care Ostwald îl manevra ca pe o baghetă magică prin care „desființa" materia, susținînd existența mișcării fără materie, și-a luat cuminte și modest un loc între obișnuitele noțiuni tehnice, el reprezentînd disciplina care se ocupă cu sursele materiale de energie, cu transformările energiei dintr-o formă în alta, cu problemele tehnico-economice ale utilizării diferitelor forme de energie.
Dacă amintim aci ideile „filozofice" ale lui Ostwald, este pentru că destinul lor ilustrează destinul tuturor concepțiilor antimaterialiste, care le-au urmat.
Articolul lui Ostwald intitulat pompos *Deruta atomismului contemporan*, apărut în „Révué Générale des sciences" din 15 noiembrie 1895, a fost întîmpinat cu sarcasm de către savanții serioși ai vremii. În numărul următor al acestei reviste, vicepreședintele Academiei Franceze de Științe, A. Cornu,

[1] V. I. Lenin, *op. cit.*, p. 256.
[2] *Ibidem*, p. 254.

răspunde articolului lui Ostwald, spulberînd argumentele profesorului german, pe care le considera grotești.
În aceeași revistă, al doilea articol semnat de Marcel Briouillin este intitulat *Pentru materie*. Cu fină ironie, Briouillin respinge afirmațiile lui Ostwald, subliniază lipsa lor de conținut și încheie cu aceste cuvinte: „Pentru libertate și pentru materie".
Ostwald răspunde în decembrie 1895, încercînd să-și justifice poziția. El recunoaște forța argumentelor adversarilor, dar susține mai departe că nu este necesară o imagine materială a lumii. Argumentul central al lui Ostwald este pretinsul faliment al teoriei cinetico-moleculare cu privire la legile soluției ale lui Van't Hoff. „Această teorie (cinetico-moleculară — *N.A.*) este mai mult decît inutilă; ea este periculoasă".
Ostwald continuă multă vreme să-și susțină poziția. La Congresul științelor naturale de la Lubeck (1896) ține comunicarea *Deruta materialismului științific*, iar în 1902, uitînd că a declarat în primele lui articole că nu are de gînd să facă filozofie, scrie „lecții de filozofie naturală".
Prin ce încerca el să înlocuiască conceptul de materie, căruia „trebuie să i se recunoască o bază experimentală bine determinată"?
Prin „energie de volum, de gravitație, de mișcare"[1].
Iar în 1920—1921 el declară că materia „trebuie să-i cedeze (energiei — *N.A.*) locul, fără condiții și să intre ca o regină decăzută în domeniul ei, unde se va stinge în mijlocul curtenilor, de bătrînețe"[2].
Toate fenomenele naturii, societății și gîndirii sînt reduse de energetism la energie, care la rîndul ei este concepută drept ceva subiectiv, care depinde de conștiința omului. Lenin a demonstrat inconsistența energetismului, caracterul lui idealist antiștiințific.
„Materia a dispărut — ni se spune, cu intenția de a se trage din acest fapt concluzii gnoseologice", scria Lenin. „Dar gîndirea a rămas? — vom întreba noi". Și Lenin trage concluzia: „Dacă ea a rămas însă, dacă presupuneți că o dată cu dispariția materiei n-a dispărut și gîndirea (reprezentările, senzațiile etc.) nu înseamnă decît că ați trecut pe furiș la punctul de vedere al idealismului filozofic"[3].
Întreaga concepție a lui Ostwald se reduce la încercarea de a eluda răspunsul materialist la problema fundamentală a filozofiei: materia este factorul prim, ideile — factorul derivat al realității.
„Ostwald — spune Lenin — a încercat să ocolească această inevitabilă alternativă a filozofiei (materialism sau idealism), utilizînd în sens neprecis cuvîntul «energie»; și tocmai această încercare a lui Ostwald vădește încă și încă o dată zădărnicia unor asemenea stratageme. Dacă energia este mișcare, n-ați făcut decît să deplasați dificultatea de la subiect la predicat, n-ați făcut decît să transformați problema: oare materia se află în mișcare? — în problema: oare energia este materială? oare în transformarea energiei are loc în afara conștiinței mele, independent de om și de omenire, sau toate acestea nu sînt decît idei, simboluri, semne convenționale etc.? La această problemă și-a și frînt gîtul filozofia «energetică»..."[4]

[1] W. Ostwald, *Deruta atomismului contemporan*, în „Revue générale des sciences pures et appliquées" (Revista generală a științelor pure și aplicate), nr. 21, 1895, p. 957.
[2] W. Ostwald, Evoluția unei științe, Chimia, Paris, 1921, p. 313.
[3] V. I. Lenin, *op. cit.*, pp. 261—262.
[4] *Ibidem*, p. 265.

Esența idealistă a energeticii lui Ostwald este și explicația succesului pe care l-a avut, la vremea ei, această teorie, în rîndurile filozofilor reprezentanți ai burgheziei monopoliste.
Trebuie spus însă că un șir de savanți de seamă — Boltzmann, Planck, Stoletov, Langevin și alții — au combătut-o categoric, de pe poziții materialiste. Energetica lui Ostwald a avut destinul pe care autorul ei îl visa pentru materie. Ea s-a stins, pur și simplu, de bătrînețe, iar curtenii ei au încercat să se aciuiască pe lîngă alte reprezentante ale idealismului, sulemenite în fel și chip, cu ingrediente luate din domeniul științelor naturii.

Revoluția în știință continuă

Deceniile care au trecut de la apariția mereu actualei opere a lui Lenin *Materialism și empiriocriticism* au confirmat strălucit geniala analiză leninistă. Dezvoltarea ulterioară a fizicii și a celorlalte științe ale naturii a constituit un adevărat marș triumfal al dialecticii materialiste. Teoria relativității, mecanica cuantică, fizica nucleară constituie măreție cuceriri ale geniului uman. În secolul al XX-lea știința reușește să ajungă la o cunoaștere mai profundă a structurii materiei și a naturii unui șir de fenomene și descoperă noi forme fizice ale materiei și mișcării. În urma noilor cercetări, fizica nu numai că demonstrează existența reală a moleculelor și atomilor, dar reușește să și pătrundă în adîncul atomului — dovedind inepuizabilitatea acestuia; la rîndul său, nucleul atomic se dovedește un adevărat univers de microparticule.
Toate acestea nu puteau să nu exercite o profundă și tot mai puternică influență nu numai asupra fizicii, ci și asupra chimiei.
Abia în secolul nostru, și sub influența fertilizantă a descoperirilor fizice, s-au concretizat noțiunile de moleculă, radical liber, legătură chimică și s-a demonstrat riguros realitatea lor. Realitatea și caracteristicile electrice și magnetice ale electronului au creat posibilitatea unei înțelegeri mai profunde a legăturii și reacțiilor chimice. În felul acesta s-a îmbogățit chimia fizică.

Realitatea moleculei

De peste 100 de ani, chimiștii lumii „operează" cu moleculele. Ei atribuie moleculelor formule, care cuprind simbolurile elementelor și numărul de atomi ai fiecărui element component al substanței; ei vorbesc despre numărul efectiv de molecule conținut într-o moleculă-gram (numărul lui Avogadro) ei sintetizează molecule noi și concep constituirea și desfacerea lor în cursul reacțiilor chimice. Ținînd seama că dimensiunile acestor particule și lungimea de undă a luminii vizibile sînt mărimi prea apropiate, nimeni nu putea nădăjdui să facă moleculele vizibile, în sensul obișnuit al cuvîntului, prin intermediul luminii care impresionează ochiul omenesc. Cu atît mai pasio-

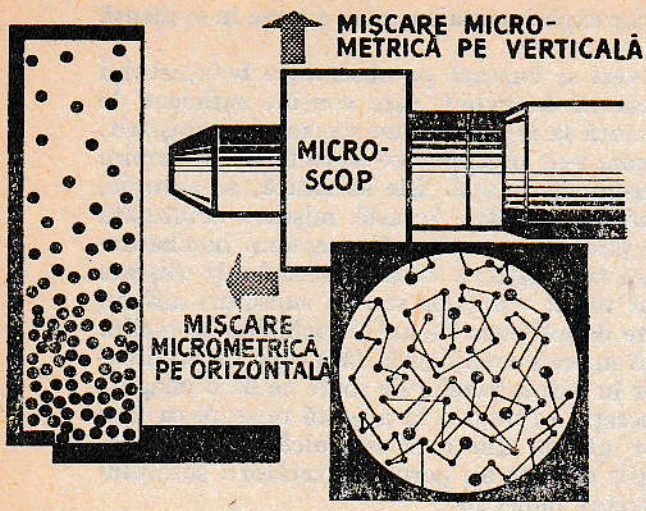
nantă a devenit căutarea mijloacelor experimentale pentru a pune în evidență existența obiectivă a moleculei.

Una dintre cele mai evidente dovezi se bazează pe observația botanistului Brown din anul 1827. Orice picătură de lichid, care conține suficient de multe particule în suspensie, prezintă la microscop un spectacol neobișnuit. Particulele nu cad la fund, așa cum s-ar întîmpla cu obiecte macroscopice mai grele decît apa, introduse într-un vas cu apă. Ele se ridică, se apropie, se depărtează, descriind zigzaguri neregulate. Această mișcare neîncetată a particulelor, în toate sensurile posibile, ca sub acțiunea unui bombardament continuu sau ca efectul unei trepidații, a căpătat numele de mișcare browniană. Noaptea sau ziua, în vîrful munților sau în subsoluri adînci, în picăturile de apă prinse de sute de milioane de ani în ocluziunile rocilor de cuarț, se poate observa această mișcare trepidantă, fără vreo cauză dinafara picăturii. Mișcarea pulberilor în bătaia razelor de soare ne dă o imagine directă a mișcării browniene. Lucrețiu se referea la această mișcare ca la o dovadă a existenței particulelor ultime din care este alcătuită materia. De la mișcarea browniană și legile gazelor au pornit cercetătorii secolului nostru pentru a demonstra realitatea moleculei.

În teoria cinetico-moleculară, fundamentată de Avogadro și Van der Walls, se demonstrează că — la aceeași temperatură — toate moleculele tuturor fluidelor sînt animate de aceeași energie cinetică medie. Această concluzie este valabilă pentru molecule formate din cîțiva atomi sau din sute de atomi. Nu există nici un motiv pentru a nu considera valabilă această concluzie teoretică și în cazul aglomerărilor de molecule, a pulberilor și a suspensiilor care formează emulsii. Studiul experimental al suspensiilor de particule devenea cheia problemei. Măsurînd caracteristicile de mișcare a particulelor din suspensii se putea ajunge la demonstrarea originii moleculare a mișcării browniene și la un mijloc de calculare directă a caracteristicilor moleculelor. Energia cinetică este dată de produsul dintre masă și pătratul vitezei ei $\left(\frac{1}{2} mv^2\right)$. Dacă energia cinetică este independentă de natura moleculelor, înseamnă că — la o temperatură dată — moleculele de masă diferită trebuie să aibă vitezele modificate astfel, încît produsul dintre masă și pătratul vitezei să rămînă constant.

Teoria cinetico-moleculară, care presupune existența reală a moleculelor, explică presiunea unui gaz prin însumarea efectelor produse prin ciocnirile moleculelor de obstacole. Presiunea pe obstacol este deci dependentă de numărul moleculelor. Or, observația arată că presiunea atmosferică scade cu înălțimea. Rezultă de aici că, pe măsură ce ne depărtăm de suprafața pămîntului, numărul moleculelor scade. Teoria cinetică oferă posibilitatea de a calcula concentrația moleculelor la orice înălțime. Dacă aceste calcule, bazate pe teoria cinetică, ar putea fi demonstrate prin experiențe în care să se observe comportarea fiecărei particule în parte, aceasta ar însemna confirmarea concepțiilor care au stat la baza teoriei cinetico-moleculare și deci confirmarea experimentală a realității obiective a moleculelor.

Jean Perrin și-a propus să facă această demonstrație. Pentru a putea observa fenomenul, a pornit de la particule mai mari, sferice, de dimensiuni și masă determinate. Confecționarea acestor particule a însemnat o muncă migăloasă,



Schema dispozitivului experimental al lui Jean Perrin. În dreapta, jos, reprezentarea mișcării browniene a moleculelor și particulelor fin dispersate.

de luni de zile. El povestește că a prelucrat un kilogram de gumă *gutta*[1], obținînd, după cîteva luni, o fracțiune care conține cîteva decigrame de granule de diametrul dorit, și anume de cîteva zecimi de micron. Asemenea particule se pot observa bine la microscop. Fiind cunoscut diametrul lor și densitatea materialului, s-a putut calcula ușor masa fiecărei particule. Amestecate cu apă sau alt lichid, într-un vas de sticlă, la început ele se răspîndeau uniform în masa lichidului. Apoi, după un timp de liniștire, se stabilea un echilibru de repartiție a particulelor, pe înălțimi. Observînd cu un microscop, strat cu strat, Perrin efectua apoi calculul numărului de particule pe unitate de volum, la diferite înălțimi ale coloanei de lichid. El a efectuat observațiile în diferite condiții experimentale. A făcut să varieze temperatura de la −9 pînă la +58°C; a folosit lichide de viscozitate diferită, de la cea a apei, pînă la o viscozitate de 330 ori mai mare. A folosit, în diferite experiențe, particule de mase diferite, cele mai mari particule folosite avînd o masă de 70 000 de ori mai mare decît masa celor mai mici particule folosite.

Cîmpul vizual al microscopului este foarte îngust. Perrin ridica microscopul, pe distanțe de ordinul micronilor și zecimilor de microni. Astfel, în una din experiențe, efectuată cu particule de 0,21 microni diametru, a observat straturile la distanțe de 5, 35, 65 și 95 de microni de fundul vasului. În cazul acestei experiențe, calculul concentrației particulelor, în conformitate cu teoria cinetică moleculară, trebuia să ducă la următoarele raporturi între numărul moleculelor din 4 straturi observate: 100; 48; 23; 11. Perrin a numărat în acest caz 13 000 de particule individuale, găsind o repartiție a concentrației cu înălțimea, exprimată prin raporturile: 100; 47; 23; 12. Corespondența depășea așteptările. Teoria cinetico-moleculară se confirma și, odată cu ea, realitatea moleculelor și valabilitatea extinderii legilor gazelor la particulele în suspensie.

Experiența lui Perrin era întregită de alte dovezi indirecte ale realității moleculelor, dovezi acumulate timp de decenii în cele mai diferite domenii ale cercetării fizice. În studiul unor fenomene, cum sînt: culoarea albastră a cerului, căderea picăturilor de ulei în aer, fenomenele radioactive, structura

[1] Gumă-răşină obţinută prin uscarea latexului unor arbori din Ceylon şi India de est. Se prezintă în bastoane cilindrice, lungi de 15—20 centimetri, de culoare portocalie sau sub formă de pulbere galbenă. Fără miros, are un gust iute, neplăcut. Puţin solubilă în alcool. Este utilizată la prepararea firnisurilor pentru metale şi în farmacie.

cristalelor, structura liniilor spectrale, a tensiunii superficiale a soluțiilor, intervine, ca o constantă a relațiilor matematice folosite pentru descrierea lor, celebrul număr al lui Avogadro. Din calcule bazate pe valori culese din cercetarea acestor fenomene atît de diferite se obțineau pentru numărul lui Avogadro cifre ca: $6{,}04 \times 10^{23}$; $6{,}05 \times 10^{23}$; $6{,}02 \times 10^{23}$; $6{,}04 \times 10^{23}$; $6{,}000 \times 10^{23}$.

Mereu aceeași cifră, cu abateri neînsemnate față de enorma valoare a acestui număr. Numărul adoptat astăzi este $6{,}02 \times 10^{23}$. Pentru a ne imagina acest număr, este suficient să spunem că dacă 1 miliard de oameni ar scoate dintr-o urnă în care s-ar afla $6{,}02 \times 10^{23}$ bile cîte o bilă pe secundă, le-ar trebui pentru această treabă circa 20 000 000 de ani.

Cu toată imensitatea lui, numărul este determinat cu o precizie de $2-3‰$.

Corespondența valorilor găsite pentru numărul lui Avogadro, ca și a valorilor de distribuție a particulelor pe înălțime găsite de Perrin sînt dovezi de neclintit.

Această cuantă de materie, acest infinit mic, material, cu individualitate proprie, este, la rîndul lui, infinit de complex. El nu trebuie privit ca o sferă rigidă, ca o bilă de materie izolabilă, nelegată de restul moleculelor. Forma moleculei, cîmpul de forțe din jurul moleculei, proprietățile ei, depind de atomii constituenți, de legăturile dintre acești atomi, de distribuția sarcinilor electrice în spațiul ocupat de moleculă, de conexiunea ei cu celelalte molecule în mijlocul cărora se găsește și de mulți alți factori încă nedescoperiți. Molecula este un mic univers material.

Existența moleculelor, faptul că au putut fi numărate, măsurate, iar în ultima vreme — folosind instrumente noi, ca microproiectorul electronic — surprinse umbrele lăsate de molecule, toate acestea sînt minunate rezultate ale cercetării naturii, pași pe drumul infinit al cunoașterii.

Realitatea obiectivă a moleculelor se impune peste toate încercările „eroilor" idealiști ai luptei pentru „desființarea" materiei.

Radicali liberi

Pot sau nu pot exista radicali liberi, adică fragmente moleculare, grupuri atomice care trec din moleculă în moleculă și a căror existență — fie ea cît de efemeră — ar trebui presupusă pentru a înțelege schimbările intervenite în reacțiile chimice?

Într-adevăr, pentru a înțelege ce se petrece într-o reacție de felul:

$$\begin{matrix} CH_3{-}I \\ \\ CH_3{-}I \end{matrix} + 2Na \longrightarrow 2NaI + \begin{matrix} CH_3 \\ | \\ CH_3 \end{matrix}$$

în care se naște o moleculă de etan din 2 molecule conținînd cîte un grup metil (CH_3) ar trebui să presupunem existența tranzitorie a acestor grupe metilice.

Întrebarea și-o puseseră toți chimiștii primei jumătăți a veacului al XIX-lea. Gay-Lussac, Wöhler, Liebig și Bunsen încercaseră să rezolve problema existenței radicalilor liberi, dar nu izbutiseră la nivelul „mijloacelor de producție"

ale cercetării chimice din secolul al XIX-lea. După postularea — de către Kékulé — a tetravalenței carbonului, se părea că răspunsul definitiv la această întrebare este negativ. Un radical liber ar trebui să nu respecte „postulatul" tetravalenței. Metilul (— CH_3), etilul (— C_2H_5) etc. ar însemna un carbon cu numai trei valențe satisfăcute. Metilenul (= CH_2) ar însemna un carbon cu două valențe libere. Existența unor astfel de grupe atomice părea imposibilă. Dar în acest caz rămînea neexplicată seria de reacții de sinteză realizate de Würtz, Kolbe, Fittig.

Experiența trebuie să dea soluția problemei.

Timp de 40 de ani, începînd din 1860, după determinările de greutate moleculară a pretinșilor radicali liberi preparați de Gay-Lussac (cianul), Bunsen (cacodilul) etc., determinări care dovedeau că substanțele respective sînt de fapt dimeri ai radicalilor (molecule formate prin unirea a doi radicali liberi) și deci substanțe saturate, radicalii liberi au părăsit arena discuțiilor dintre chimiști.

În secolul al XX-lea, chimia fizică își repune toate problemele apărute de-a lungul istoriei chimiei experimentale, căutînd pentru ele soluții general valabile.

În anul 1900, M. Gomberg din Michigan ajunge la un rezultat deosebit de interesant, în cursul unei experiențe, în care încearcă să înlocuiască toți atomii de brom, din tetrabrom metan, cu fenili (— C_6H_5).

Prin reacții obișnuite, el izbutește să substituie 3 atomi de brom, obținînd brom-trifenil metanul sau bromura de trifenil metil. Ajuns aici, el încearcă să lege două asemenea molecule, prin eliminarea bromului cu sodiu, după o metodă de sinteză obișnuită. Se aștepta să obțină hexafenil — etanul.

$$(C_6H_5)_3 - C - C - (C_6H_5)_3$$

Dar, lucru straniu, sinteza nu izbutește; în schimb el obține un produs de culoare galbenă, care își schimbă repede culoarea, dînd o substanță în care analiza descoperea 2 atomi de oxigen.

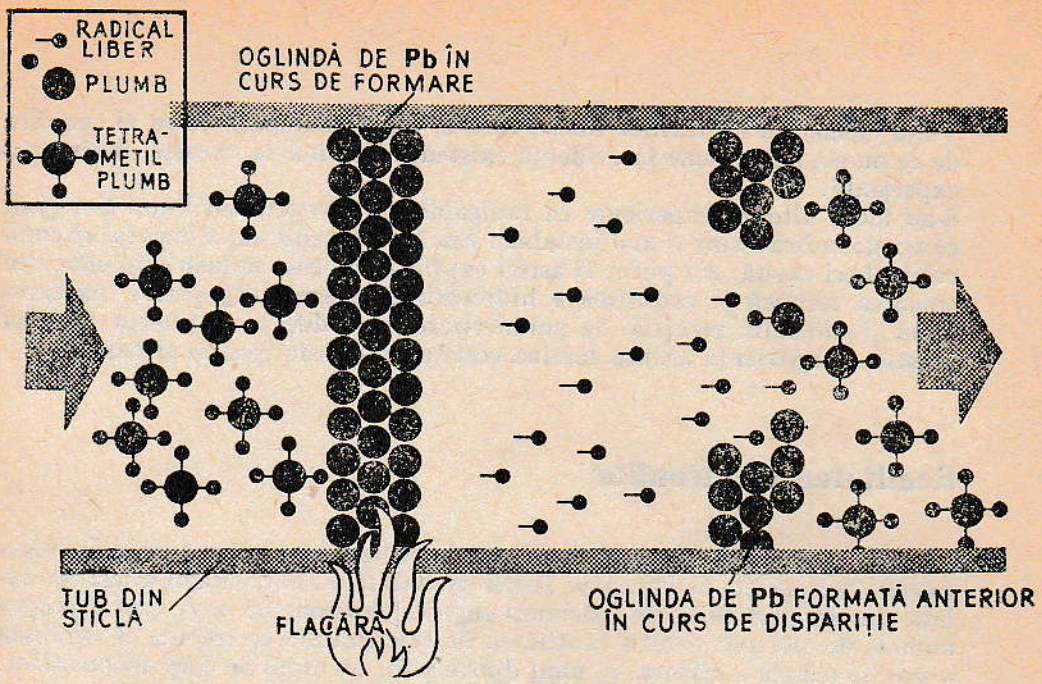
M. Gomberg reface experiența, în absența aerului. De astă dată corpul obținut își păstrează culoarea. Îndată ce se admite accesul oxigenului, substanța reacționează, combinîndu-se cu 2 atomi de oxigen. La fel cu iodul și cu metalele.

W. Schlenk și A.E. Cicibabin au preparat — la începutul acestui secol — o serie de derivați complicați ai metanului, care lichidau definitiv îndoiala cu privire la existența radicalilor liberi. Se punea acum problema urmăririi duratei lor de existență. Experiența decisivă a fost realizată în 1929, de fizicianul Fritz Paneth[1] și colaboratorii lui, în Germania.

Paneth folosește o tehnică ingenioasă, care oferă posibilitatea „surprinderii" radicalilor liberi în timpul scurt al existenței lor.

Printr-un tub de cuarț, se trec vapori de plumb-tetrametil Pb $(CH_3)_4$ în curent de hidrogen, la presiune de 1—2 mm col. Hg, viteza curentului de gaz fiind de 12—20 m/s. Hidrogenul folosit este pur, iar vaporii de plumb tetrametil, în concentrație mică. Se încălzește la flacăra unui bec un sector îngust al tubului pînă la o temperatură de 500... 600°C. Vaporii de plumb-

[1] Fizician austriac (1888—1958). A lucrat la Institutul de radiu din Viena. În 1933 emigrează din Germania. A lucrat în Anglia și, spre sfîrșitul vieții, la Mainz.



Schema experienței lui Paneth pentru demonstrarea și măsurarea duratei de existență a radicalilor liberi. Din zona oglinzilor metalice, în curs de formare (prin descompunerea tetrametil-plumbului) pornesc radicali liberi care se combină cu plumbul depus anterior, făcînd astfel să dispară vechea oglindă metalică

tetrametil se descompun, lăsînd în interiorul tubului o oglindă inelară de plumb metalic (se pot obține și oglinzi de zinc, stibiu, telur, cadmiu, mercur, folosind combinațiile respective; dimetil-zinc, dimetil-telur, trimetil-stibiu). Depunîndu-se oglinda metalică, restul moleculei de tetrametil-plumb (care este formată din radicali metil), este antrenat de curentul de gaz mai departe în tub. Se lasă să se răcească oglinda formată pînă la temperatura camerei. Apoi se încălzește din nou porțiunea de tub dinaintea oglinzii metalice inelare, lăsînd în continuare să circule gazul prin tub. De astă dată, dispare oglinda rece depusă înainte și se formează o nouă oglindă în sectorul încălzit. Dispariția primei oglinzi se datorează combinării metalului cu radicalii liberi nou-formați. Dacă, de pildă, s-a depus o oglindă de mercur, atunci, după a doua încălzire se obține la capătul tubului (unde produsul este lichefiat în aer lichid), dimetil-mercur, care cu bromură mercurică dă o combinație mercurică frumos cristalizată.

Cu tuburi destul de lungi, se pot face experiențe prin care se măsoară durata de existență a radicalilor liberi. S-au putut, astfel, decela radicali liberi pînă la o distanță de 40 centimetri de locul formării, distanță la care oglinda metalică nu mai dispare. La 6 centimetri distanță, concentrația de radicali liberi scade la jumătate. Ținînd seama de viteza gazului în tub, se măsoară astfel durata de înjumătățire a numărului de radicali, care este de cinci miimi de secundă.

Viața efemeră a radicalilor liberi, care se combină repede între ei, explică de ce nu s-a putut pune în evidență existența lor pînă la această ingenioasă experiență.
S-au făcut ulterior experiențe cu radicalul etil, propil, butil etc. S-a găsit că acești radicali sînt și mai instabili. Era însă dovedit experimental că radicalii liberi există. Au putut fi astfel explicate procese industriale, cum sînt cracarea termică și catalitică a hidrocarburilor grele din petrol, oxidarea lentă și violentă, reacțiile de polimerizare, care duc la obținerea maselor plastice. Experiența arunca lumina certitudinii peste ipoteze și teorii.

Realitatea electronilor

Primele evaluări ale sarcinii electrice „elementare" s-au bazat pe legile electrolizei descoperite de Faraday. Teoria granulară a electricității a fost formulată clar în anul 1874, de fizicianul englez Johnstone Stoney, care a propus numele de electron pentru cantitatea de electricitate ce trebuie să străbată o soluție pentru a elibera, la unul dintre poli, un atom de corp monovalent. În 1881 Helmholtz exprimă de asemenea ideea că electricitatea are o structură atomică corpusculară.
O socoteală simplă, bazată pe legile lui Faraday și pe numărul lui Avogadro ne dă sarcina electrică purtată de un ion monovalent, în conformitate cu mecanismul ionic de transport al electricității indicat de Arrhenius. Două numere remarcabile stau la baza acestei socoteli: 96 540 coulombi de electricitate (cantitatea de electricitate necesară pentru eliberarea electrolitică a unui echivalent-gram dintr-un ion oarecare) și $6{,}02 \times 10^{23}$, numărul lui Avogadro (număr de ioni dintr-un echivalent-gram sau de molecule dintr-o moleculă-gram).
O simplă împărțire a celor două numere ne dă sarcina elementară, purtată de un ion monovalent, exprimată în coulombi. Transformînd valoarea din coulombi în unități electrostatice de electricitate, obținem $4{,}77 \times 10^{-10}$ unități electrostatice.
Cînd J.J. Thomson a elaborat ipoteza corpusculilor de electricitate cu masă și sarcină proprie, calculînd din rezultatele măsurărilor sale, atît raportul sarcină-masă, cît și masa particulelor, ideea de particulă de electricitate — nu asociată unui ion, nu încărcînd ionul așa cum este încărcată o sferă, ci ca particulă cu individualitate proprie — a căpătat o fundamentare puternică. „Corpusculul" lui Thomson a căpătat curînd numele dat de Stoney sarcinii elementare și de Lorentz „vibratorului" elementar: electron.
Se punea, în fața experimentatorilor, problema evaluării directe a sarcinii, pe fiecare particulă individuală în parte, pe electronul propriu-zis. Aici intervine talentul de experimentator al lui R.A. Millikan. El pornește de la o idee experimentală mai veche.
La sfîrșitul veacului al XIX-lea, englezul Townsend făcuse următoarele observații. Cînd se prepară hidrogen, fie prin electroliză, fie dintr-un acid și un metal, se constată că unele bule de gaze sînt încărcate electric. Dacă aceste bule trec printr-un flacon de spălare (piesă obișnuită în instalațiile de producere a gazelor) în care se găsește acid sulfuric, bulele trec prin

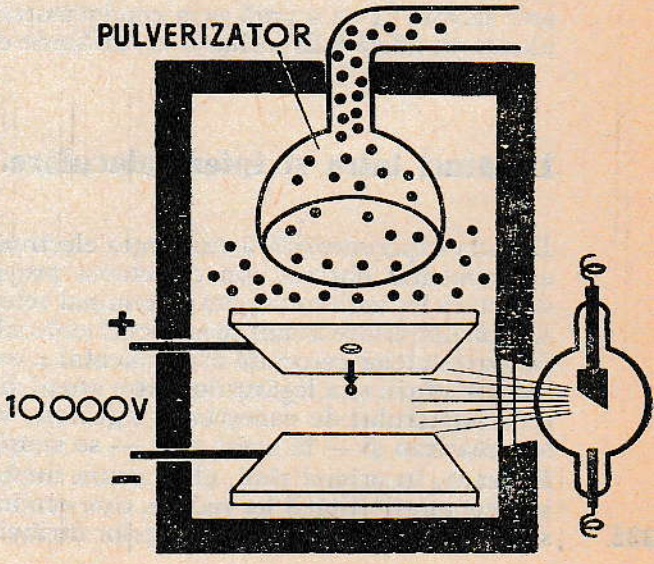
acid și se ridică la suprafața lichidului, rămînînd mereu transparente. Dacă însă în vasul spălător se găsește apă în loc de acid sulfuric, atunci deasupra apei se formează o ceață. Cercetătorul a tras concluzia că ionii de hidrogen sînt cauza condensării vaporilor de apă și că ceața este efectul acestei condensări. Dacă se presupune că fiecare ion în parte este un punct de condensare a vaporilor de apă, atunci numărul de ioni este egal cu numărul particulelor care alcătuiesc ceața. Sarcina electrică totală a ceței se poate măsura cu un electrometru. Masa totală a ceței se poate obține trecînd gazul prin tuburi care absorb apa și cîntărind tuburile cu substanța absorbantă, înainte și după trecerea gazului. Rămîne să cunoaștem numărul de picături de ceață. Aceasta presupune cunoașterea razei fiecărei picături, considerată sferică. Or, această rază se poate determina după viteza de cădere a picăturilor în aer, în conformitate cu o lege stabilită de Stokes.

Numărul de picături calculate după relația lui Stokes și sarcina electrică globală măsurată cu electrometrul dădeau valorile necesare pentru calcularea sarcinii elementare de electricitate.

C.T.R. Wilson inventează, la începutul secolului al XX-lea, camera de ceață care-i poartă numele. În această cameră, condensarea se produce numai pe ioni, la o bruscă schimbare a temperaturii, care se realizează prin detentă. Rezultatele obținute nu erau suficient de concordante.

În anul 1908, Robert-Andrews Millikan din Illinois a început o serie de experiențe care au durat pînă în 1911 și pe baza cărora s-a putut stabili cu certitudine existența sarcinii elementare de electricitate și valoarea ei. Millikan a început și el cu ceața de apă, dar vrînd să evite evaporarea picăturilor de apă condensate, care reprezenta un factor perturbator al fenomenului, el a luat, ca lichid generator de ceață, ulei. În acest fel, s-a putut pune în valoare un fenomen observat și în cazul picăturilor condensate de apă, dar care nu se putea observa pe un interval de timp suficient. Fenomenul consta în aceea că unele picături își schimbau brusc, la un moment dat, viteza. Această schimbare bruscă de viteză însemna că particula a fost încărcată electric tocmai în acel moment. Fenomenul este esențial pentru problema cercetată. Măsurînd viteza picăturii înainte și după încărcare, se poate calcula direct sarcina, independent de proprietățile și dimensiunile picăturii, indiferent de viscozitatea și compoziția chimică a mediului în care se mișcă picătura.

Dispozitivul experimental folosit de Millikan cuprinde un vaporizator, care realizează



Schema dispozitivului experimental al lui Millikan. Picătura de ulei încărcată electric, în cîmpul de observație

un nor de picături de ulei într-un cilindru închis. Ceața de ulei produsă coboară încet înspre partea inferioară a cilindrului, unde se găsesc două plăci metalice paralele între ele, la distanță de cîțiva milimetri una de alta și legate la o sursă de potențial de 40 000 volți. Placa superioară are un mic orificiu. Spațiul dintre cele două plăci este observabil prin două ferestre opuse, paralele, în pereții laterali ai cilindrului. O a treia fereastră, luminată lateral, dă posibilitatea observării picăturii de ulei ca într-un ultramicroscop. Ele apar ca niște puncte strălucitoare pe un fond negru. Întregul dispozitiv este introdus într-o baie de ulei de termostatare.

Norul cade peste placa superioară. Cîteva picătrui străbat prin orificiul acestei plăci în spațiul dintre plăci. Picăturile vin electrizate, din cauza frecării în pulverizator. Ne fixăm cu microscopul asupra unei picături. Să zicem că ea se ridică în sus, datorită încărcării opuse a lamei superioare. N-avem decît să întrerupem legătura cu sursa și, în acest caz, picătura începe să cadă spre placa de jos sub acțiunea gravitației. Înainte de a ajunge pe placa inferioară, refacem legătura cu sursa. Picătura reia drumul în sus, spre placa încărcată cu electricitate de semn opus. Putem repeta operația, pînă cînd se produce acea bruscă schimbare de viteză, semn că picătura s-a ciocnit de un ion, preluîndu-i sarcina. Măsurînd viteza înainte și după încărcare, se poate calcula valoarea sarcinii electrice captate.

Millikan a observat ore întregi cîte o picătură individuală. Sensul mișcării ei, după captarea unei sarcini, indica semnul sarcinii. A obținut astfel valori, care erau toate fie $e = 4{,}65 \times 10^{-10}$ unități electrostatice, fie un multiplu exact al acestei sarcini. Cea mai mică sarcină era însă mereu: $4{,}65 \times 10^{-10}$ u.e.s. Aici nu mai este vorba de o valoare medie statistică, obținută prin împărțirea unei sarcini globale (un număr de coulombi) la un număr global de particule (numărul lui Avogadro), ci de sarcina elementară individuală. Dovada existenței acestei sarcini elementare era absolută. Granula de electricitate, cuanta de electricitate își demonstra realitatea. Nici un argument idealist nu poate desființa această realitate obiectivă, a cărei „micime" se poate imagina, dacă amintim că pentru realizarea unui curent de 1 amper, este nevoie să se scurgă prin conductoarele circuitului electric $6{,}25 \times 10^{18}$ electroni, adică 6,25 miliarde de miliarde de electroni.

Legături intra și intermoleculare. Complecși

Dovada experimentală a existenței electronilor, precum și imensul material experimental obținut din cercetarea proprietăților substanțelor legate de structura lor moleculară, au determinat reluarea, la un nivel nou, a problemei legăturilor dintre atomi în edificiul moleculei. Intrarea electronului în familia particulelor cercetate experimental a avut un efect vivifiant asupra teoriei structurii și a legăturilor între atomi și între molecule. Pe măsura creșterii numărului de cunoștințe, legăturile dintre fenomene se clarificau, se sistematizau și — în acest sens — se simplificau.

Devenea, în primul rînd, clară cauza impenetrabilității relative a atomilor și a compresibilității lor reduse, care condusese în trecut la acea imagine de sîmburi indivizibili ai substanțelor atribuită atomilor. Învelișul electronic

al atomilor creează un cîmp electric, puternic respingător, față de electronii altor atomi. În aceasta rezidă individualitatea atomului, caracterul lui de particulă cu o configurație proprie.
Dar dacă învelișul electronic al unui atom respinge electronii străini, cum se realizează totuși legătura dintre atomi în moleculă?
În al doilea și al treilea deceniu al veacului nostru, a fost elaborată teoria electronică a legăturii dintre atomi, în moleculă. O deducție teoretică simplă și cunoștințele dobîndite în legătură cu proprietățile gazelor rare au fost primele elemente care au stat la baza teoriei electronice a legăturilor chimice.
Pentru a se explica particularitățile spectrelor electromagnetice de emisie și de absorbție ale substanțelor, s-a presupus că electronul se învîrtește nu numai pe propria-i orbită, ci și în jurul axei sale. Dacă această mișcare a lui era reală, ea trebuia să dea același efect ca un curent electric într-un circuit. Se știe că un curent electric produce un cîmp magnetic perpendicular pe planul circuitului și că sensul acestui cîmp depinde de sensul curentului, după așa-numita regulă a burghiului. S-a dedus că și electronul, care se rotește în jurul axei sale, va genera un cîmp magnetic propriu. E ca și cum fiecare electron ar genera un magnet. Poziția acestui micromagnet depinde de sensul de rotire a electronului în jurul propriei sale axe.
Dacă doi electroni se apropie suficient, iar cei doi magneți au polii opuși alăturați, ei se vor uni, cîmpul magnetic devenind unic. Pentru a desface cei doi magneți, este necesar lucru mecanic. Așadar, perechea de electroni devine o unitate, un dublet electronic. Dubletul electronic se impunea ca o explicație a legăturii între doi atomi și ca o unitate a acestei legături.
Pe de altă parte, se cunoștea inerția chimică a gazelor rare, care nu putea fi explicată decît printr-o configurație foarte stabilă, foarte echilibrată, foarte greu modificabilă. Gazele rare erau reputate ca gaze zerovalente, care nu dau combinații chimice; iar aceste gaze aveau numere de ordine care impuneau următoarele configurații electronice (cifrele indică numărul de electroni în fiecare strat):

Heliu (2) $= 2$

Neon (10) $= 2 + 8$

Argon (18) $= 2 + 8 + 8$

Kripton (36) $= 2 + 8 + 18 + 8$

Xenon (54) $= 2 + 8 + 18 + 32 + 18 + 8$

Așadar, în afară de heliu, care are 2 electroni pe ultimul strat, celelalte gaze rare au pe acest ultim strat 8 electroni.
Octetul electronic și dubletul electronic se arătau a fi cele mai stabile formații electronice. De aici s-a născut ipoteza că pentru a se forma o moleculă stabilă, trebuie să se realizeze în jurul fiecărui atom component al moleculei un octet sau un dublet electronic.
Tendința elementelor de a se combina se datorește nestabilității configurației lor electronice. Combinarea este rezultatul tendinței spre configurația stabilă de gaz zerovalent.
Cum se poate ajunge la această configurație de octet?
În primul rînd, prin *transfer* de electroni. Astfel, de pildă, la formarea combinației între un atom de sodiu și unul de fluor, atomul de sodiu va transfera

unicul său electron de pe stratul său exterior pe stratul exterior al atomului de fluor

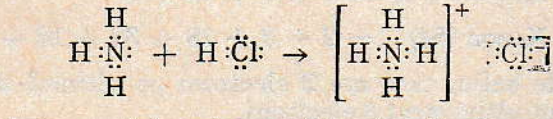
Legătura de valență s-a format printr-un dublet electronic între Na și F. În jurul atomului de fluor a apărut configurația de gaz zerovalent. Cîștigînd un electron în plus, atomul de fluor devine ion negativ, iar sodiul, pierzînd un electron, devine ion pozitiv. Avem de-a face cu legătura ionică sau *electrovalență*. Această legătură caracterizează așa-numitele substanțe heteropolare. Ea este reconfirmarea ipotezei electrochimice a lui Berzelius, cu limitarea și fundamentarea teoretică care lipsea acelei ipoteze.

Dubletele electronice pot să se nască și prin punerea în comun, prin *participarea*, a doi electroni, cîte unul de la fiecare atom. O asemenea legătură electronică poartă numele de *covalență*. Ea caracterizează, de pildă, legătura dintre atomii de același fel, care constituie molecula unei substanțe. Doi atomi de clor dau o moleculă de clor prin covalență.

În sfîrșit, dubletul de legătură poate proveni de la unul din cei doi atomi ce se combină. Un atom cu dublete neparticipante la alte legături devine astfel „donorul" de electroni. O asemenea legătură poartă numele de legătură *coordinativă* sau bipolară.

Un exemplu de legătură coordinativă ni-l oferă clorura de amoniu. O moleculă de amoniac și una de acid clorhidric se combină. Amoniacul are configurația electronică:

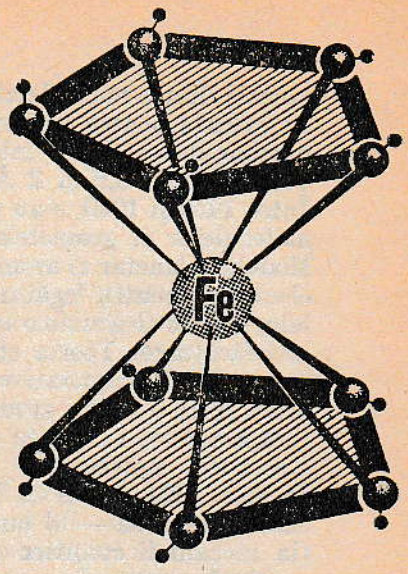
alcătuită din 3 dublete electronice formate prin punerea în comun a cîte unui electron al atomului de hidrogen cu cîte un electron din cei 5 exteriori ai atomului de azot. Azotul rămîne cu un dublet neocupat. Atomul de hidrogen din molecula de acid clorhidric se atașează de acest dublet, electronul lui transferîndu-se atomului de clor.



Grupul NH_4 devine astfel un ion pozitiv, iar clorul, cu un electron în plus care-i completează octetul, devine ion negativ. Aici „acceptorul" de electroni este protonul de hidrogen, iar donor este azotul. Donor poate fi și oxigenul, sulful, fosforul, arsenul, iodul, care formează săruri de oxoniu, sulfoniu, fosfoniu, aroniu și iodoniu, așa cum azotul formează săruri de amoniu. Acceptorii pot fi nu numai protonul, ci și alți atomi cu octet incomplet.

Legături coordinative, ca cele din interiorul ionului de amoniu, se pot forma și între molecule neutre.

Uneori, ionul metalic își completează învelișul electronic pînă la numărul de electroni al gazului rar din perioada următoare celei a metalului, în siste-



Molecula „sandviș" a ferocenului

mul periodic. Astfel, ionul de cobalt, care are 24 de electroni, își completează învelișul cu cei 12 electroni de la 6 molecule de amoniac, dînd o moleculă complexă, al cărei element central este cobaltul, cu un înveliș format din 36 de electroni proprii și străini, configurație stabilă, care corespunde configurației electronice a kriptonului. Este vorba aici de o combinație complexă. Legătura coordinativă sau bipolară explica astfel și formațiile moleculare complexe, care nu se supuneau legilor valenței.

Molecule complexe se formează între metale și grupe CO, purtînd numele de carbonili. Unul dintre acești complecși, nichelcarbonilul, care se formează în fumul de țigară, pare să fie o cauză a cancerului pulmonar. Carbonilii de fier, de nichel, de cobalt, combinațiile complexe ale metalelor cu amoniacul și clorul, cu aminoacizii, compuși ca diciclopentadien-fierul[1], alcătuind familia „cenilor" și în general compușii „sandviș", cu molecule structurate pe 3 planuri, sute de tipuri de combinații complexe, care formează un fel de punte de legătură între substanțele anorganice și organice, își găsesc astăzi o explicație parțială în teoria electronică a valenței.

Imensul număr al combinațiilor complexe și rolul lor în procese esențiale, ca acela al sintezei clorofiliene, atrage echipe de cercetători din lumea întreagă. Studiul structurii complecșilor cu mijloacele fizice actuale și sinteza unor noi complecși deschide perspectiva clarificării unor procese chimice și biologice rămase multă vreme neînțelese.

Asistăm astăzi la constituirea unei noi ramuri a chimiei, între cea anorganică și cea organică: chimia complecșilor.

Aproximații succesive

În primele decenii ale veacului nostru, s-au acumulat, pe căi diferite, informații despre legăturile interatomice. Aranjamentele spațiale ale atomilor în molecule formate din zeci de atomi au putut fi determinate, folosindu-se metoda difracției razelor X și apoi — după descoperirea proprietăților ondulatorii ale electronului — prin metoda difracției electronilor. S-au cules informații despre aranjamentul atomic în molecule și cristale prin metoda spectrelor de emisie și absorbție ale substanțelor. Structura fină a spectrelor, caracteristicile termodinamice ale corpurilor, toate aceste date experimentale au servit la reprezentarea structurii moleculelor simple. Dis-

[1] Substanță sintetizată după 1950, în molecula căreia un atom de fier central, punînd în comun 8 electroni de valență cu 10 electroni ai atomilor de carbon, formează o construcție dublu piramidală, cu cele 2 baze ale piramidelor formate din cîte 5 grupe CH și vîrful comun al piramidelor ocupat de atomul de fier.

tanțele dintre nucleele atomilor dintr-o moleculă și unghiurile dintre liniile de valență pentru molecule cu legături mono- bi- și trivalente erau date cu precizie de sutime și miime de Ångström (lungimea legăturilor de valență variind între 0,5 și 2 Ångströmi).

Între 1920 și 1940, s-au publicat sute de tabele cu date despre dimensiunile moleculelor și geometria lor.

Modelul planetar al atomului elaborat de Bohr, teoria dubletului și octetului electronic pentru legătura de valență și datele despre dimensiunile moleculelor simple alcătuiau o aproximație a structurii moleculare, în multe privințe satisfăcătoare. Teoria structurii elaborate de Butlerov se îmbogățea prin aceste detalii cantitative. Butlerov pusese în evidență ideea influenței reciproce între diferiții atomi constituenți ai unei molecule. Evaluarea cantitativă a acestei influențe era o condiție a unei reprezentări mai apropiate a structurii moleculare.

În anul 1924, Louis de Broglie pornind de la caracterul dublu — de particulă și de undă — al luminii, generalizează această idee, elaborînd concepția mecanicii cuantice-ondulatorii, care admite că și electronii și alte particule materiale au o dublă comportare: de particulă și de undă.

Mișcarea fiecărei particule este legată de fenomene periodice, care pot fi privite ca propagarea unei unde. Această undă materială, electronică, nu este desigur aceeași cu unda electromagnetică asociată fotonului; ea nu este o undă de lumină, dar legile propagării, stabilite pentru undele luminoase, puteau fi aplicate și undelor electronice.

Generalizarea lui de Broglie a fost bogată în consecințe. Confirmarea ei experimentală, prin punerea în evidență și folosirea practică a fenomenului de difracție a electronilor, analog cu difracția luminii, dădeau o excepțională pondere acestei teorii. Ea nu încăpea, desigur, în limitele de mult depășite ale materialismului mecanicist, pentru care o particulă nu putea fi decît o particulă, și o undă nu putea fi decît o undă, dar era conformă cu realitatea, cu fenomenele observate. Ea surprindea încă unul din infinitele aspecte profunde ale realității, care nu încăpeau în modelele rigide ale fizicii mecaniciste.

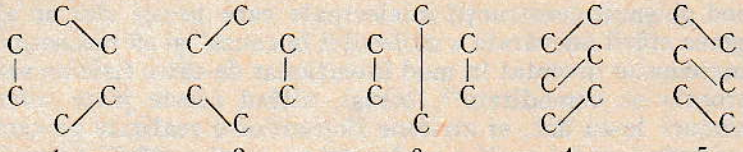
Pentru fenomenele ondulatorii, studiate timp de 200 de ani, se elaboraseră relații matematice, ecuații diferențiale care exprimau cu precizie, pe planul matematicii, mișcarea ondulatorie. Dacă electronului i se poate asocia o undă, i se pot asocia și ecuațiile diferențiale de tip ondulatoriu.

În 1926, E. Schrödinger asociază sistemului cu un singur electron — atomul de hidrogen — o „ecuație de undă". Această ecuație diferențială cuprinde ca mărimi: amplitudinea undei electronice, valoarea energiei totale a atomului, energia sa potențială, masa electronului și constanta de cuantificare a energiei. Folosind metodele de rezolvare a ecuațiilor diferențiale, care constau în găsirea unor funcții ce le satisfac, se obțin pentru ecuația de undă mai multe funcții, cărora li s-a atribuit numele de orbitali. Orbitalii reprezintă stări probabile ale atomului de hidrogen.

Cu ajutorul acestei descrieri matematice, s-a putut trata cantitativ, cu aproximație satisfăcătoare, caracteristicile atomului de hidrogen. Învingînd o serie de dificultăți matematice, s-a putut integra ecuația lui Schrödinger și pentru sistemul cu 2 electroni pe care-l reprezintă molecula de hidrogen.

 Rezultatele experimentale (valoarea energiei de legătură dintre atomi,

distanța interatomică, frecvențele radiațiilor spectrului etc.) concordă foarte exact cu descrierea matematică a moleculei de hidrogen.
S-a elaborat noțiunea de „hibridizare" a orbitalilor, care reprezenta ideea intrepătrunderii orbitalilor electronici la formarea legăturilor de valență; s-a încercat exprimarea „orbitalilor moleculari", toate acestea reprezentînd descrieri matematice ale interacțiunii între electronii care contribuie la legătura chimică. S-a putut interpreta, pe această bază, caracterul specific și comportarea în reacții a dublelor și triplelor legături de valență. Instrumentul matematic al mecanicii cuantice se dovedea un bun instrument de lucru. El conducea spre aproximații de ordin superior a realității legăturilor interatomice.
În urma acestor prime succese, chimiștii au căutat să extindă la toate tipurile de legături chimice intramoleculare din domeniul chimiei organice, îndeosebi la cele conjugate, descrierea bazată pe mecanica cuantică-ondulatorie. Teoria rezonanței, elaborată de savantul american Linus Pauling[1], a avut un rol însemnat în încercarea de a realiza legătura între chimia teoretică și mecanica cuantică.
Încercînd să aplice instrumentul matematic la molecule mai complexe, teoreticienii s-au izbit de dificultăți mari. Ei au fost obligați să recurgă la căi de aproximație matematică, prin care să se obțină funcții de undă unice pentru molecule, din funcțiile de undă ale fiecărei legături în parte.
Pentru a ușura calculul funcției de undă moleculară, este comod să se folosească niște reprezentări grafice, ca mijloace auxiliare în calculul matematic. Cînd se calculează, de pildă, o moleculă cu legături conjugate (legături de valență simplă alternînd cu legături duble) ca a benzenului, se iau în considerație 5 scheme:



Se atribuie fiecărei scheme, astfel imaginate, o funcție de undă și se combină matematic aceste funcții parțiale într-una care se atribuie întregii molecule. Pe aceeași linie a elaborării unor abstracții care să permită folosirea metodelor matematice bazate pe mecanica cuantică, teoria rezonanței admite existența simultană a aceleiași molecule de benzen în 5 stări diferite, numite „structuri de rezonanță", care ar interacționa între ele, ducînd la o scădere a conținutului energetic al moleculei și deci la o stabilitate mai mare a ei. Se atribuie formule de structură acestor „stări rezonante", care în altă terminologie poartă numele de stări „mezomere".

[1] Linus Pauling, fizician și chimist american. Din 1931 profesor la Universitatea din California. Principalele lui lucrări sînt consacrate cercetării structurii moleculare și a naturii legăturii chimice cu ajutorul mecanicii cuantice, precum și biochimiei (îndeosebi în domeniul chimiei imunității și structurii proteinelor). A fost distins cu Premiul Nobel pentru chimie pe anul 1954.
Linus Pauling este unul din inițiatorii mișcării oamenilor de știință din S.U.A. pentru apărarea păcii.

Formulele atribuite stărilor rezonante ale benzenului sînt:

1 2 3 4 5

După cum se vede, structurii reale, încă insuficient cunoscute a moleculei de benzen, i se substituie 5 structuri *imaginate*, care nu sînt altceva decît expresia unor reprezentări grafice, niște mijloace auxiliare folosite în calculul matematic aproximativ.

Într-un anumit sens, aceste scheme imaginate servesc atingerii unor rezultate pozitive, așa cum servesc numerele imaginare simple în calculul algebric. Ele au slujit în cadrul teoriei rezonanței la calcularea și prezicerea proprietăților unor molecule pe baza cunoașterii proprietăților corespunzătoare ale altor molecule.

Materialismul dialectic ajută pe oamenii de știință să aprecieze just originea abstracțiilor, imensa lor însemnătate în gîndire, dar și limitele folosirii lor. Asemenea abstracții (fie ele din domeniul formulelor matematice sau al celor chimice) sînt foarte utile, atîta vreme cît ele nu sînt fetișizate, cît, pornind de la date experimentale, acestea se introduc în relații și se încearcă aplicarea acestor relații pentru obținerea unor rezultate noi, revenindu-se apoi la experiență, pentru a proba valabilitatea rezultatelor.

Acest principiu este adevărat și în ce privește teoria rezonanței.

În interpretarea acestei teorii, unii adepți ai ei se îndepărtează însă de materialism. Deși chiar ei subliniază că „structurile între care apare rezonanța sînt în mod obișnuit construcții intelectuale care totuși sînt un ajutor util în înțelegerea stării adevărate a moleculei în cauză" și că rezonanța „este un concept matematic inventat în mod intenționat de către fizician sau chimist pentru propria sa comoditate"[1], totuși, uitînd aceste juste avertismente pe care singuri le-au dat, ei atribuie ficțiunilor o realitate pe care n-o pot avea, considerînd starea reală a moleculei ca sumă a stărilor imaginare mai sus amintite.

Este vorba de o fetișizare a unor abstracții, a unor ficțiuni, de natură idealistă, care nu poate fi de folos cercetării științifice.

Principiul gnoseologic al interpretării idealiste a teoriei rezonanței îl reprezintă „comoditatea", „economia de gîndire". Lenin a demonstrat absurditatea acestui „principiu" al filozofiei pozitiviste. Realului nu i se pot substitui invenții mintale, numai pentru că ele sînt mai simple decît realitatea și convin mai bine unui anumit tip de calcul aproximativ.

Materialismul dialectic cere oamenilor de știință și îi ajută să păstreze simțul realului, să nu uite că în spatele oricărei abstracții se ascunde o realitate obiectivă, care trebuie căutată și cu care trebuie confruntate construcțiile teoretice.

Aproximarea tot mai riguroasă a caracteristicilor moleculare, prin folosirea instrumentului matematic și pe baza concluziilor fizicii actuale, fără a pierde

[1] G. W. Wheland, *The theory of Resonance and its Application to Organic Chemistry*, New York, London, 1949, p. 628.

nici o clipă din vedere comportarea chimică, specifică, a legăturilor de valență, încercările de a preciza și adînci caracteristicile structurii moleculare, permanenta legătură dintre teorie și practica experimentală, duc spre cunoașterea tot mai profundă a interacțiunii atomilor reali, legați prin legături reale în molecule reale.

Lavina reacțiilor

Intrat din domeniul ipotezei în cel al certitudinii, electronul a prilejuit explicarea fenomenelor de bază întîlnite în chimie. După ce a servit la interpretarea legăturii chimice, a fost folosit ca bază fizică de explicare a mecanismului reacțiilor.

Din punctul de vedere al teoriei electronice, o reacție chimică înseamnă *redistribuirea electronilor de valență între atomii care participă la reacție*. Principiul fundamental al teoriei electronice a reacției este așa-numita „regulă a deformării moleculare minime". Se înțelege prin aceasta că redistribuirea electronilor, în cursul reacției, are loc cu o modificare minimă a configurației lor electronice inițiale.

Redistribuirea electronilor se poate face prin transfer de electroni de la un atom la altul, ceea ce implică formarea unei electrovalențe. Astfel de reacții duc la combinații ionice de tipul clorurii de sodiu și al sărurilor, în general; sînt reacții la electrozi, în electrolize, reacții de oxidoreducere, care constau în cedare și acceptare de electroni. Viteza unor astfel de reacții este foarte mare; uneori, ele sînt practic instantanee.

Redistribuirea electronilor se poate face însă și prin desfacerea unui dublet electronic, a unei legături covalente. Cei 2 electroni ai dubletului se pot distribui între 2 atomi care se desfac, apărînd astfel atomi sau radicali liberi, sau pot rămîne la unul dintre atomi, născîndu-se astfel ioni sau molecule cu perechi de electroni neparticipante la legături chimice. Energia de activare a reacțiilor — necesară pentru învingerea inerției configurațiilor electronice inițiale — este foarte mică în cazul reacțiilor cu transfer de electroni. Adesea nu este nevoie de nici o energie de activare. Atomii sau radicalii prezenți în mediul de reacție se combină imediat, prin simplă venire în contact. Celelalte reacții pornesc numai după ce sînt activate, după ce este dată sistemului o energie cel puțin egală cu energia de disociere a legăturii inițiale. Sînt deci reacții pentru pornirea și efectuarea cărora este nevoie de un aport de energie dinafară, fie energie termică, fie luminoasă, fie electrică sau radiantă. Sînt așa-numitele reacții endoterme.

Abia după ce s-au pus în evidență radicalii liberi și s-a consolidat teoria electronică a valenței, după ce s-au clasificat reacțiile, s-a consolidat terenul pentru noi cercetări fundamentale de cinetică chimică. Urmărind reacția fotochimică dintre hidrogen și clor, fizicianul german Max Bodenstein a emis — într-o lucrare publicată în 1913 sub titlul *Cinetica reacțiilor fotochimice a gazelor cu clor* — ipoteza „reacțiilor înlănțuite".

Fenomenul fotochimic începe cu activarea unei molecule de clor sub acțiunea unei cuante de lumină. Un foton absorbit de molecula de clor determină ruperea ei în doi atomi de clor.

$$Cl : Cl \rightarrow \dot{Cl} + \dot{Cl}$$

Dubletul electronic o dată desfăcut, atomul de clor își caută completarea. El extrage un atom de hidrogen dintr-o moleculă de hidrogen, stabilizîndu-se.

$$\dot{Cl} + H_2 \rightarrow H : Cl + \dot{H}$$

Atomul liber de hidrogen extrage un atom de clor dintr-o moleculă de Cl_2 și astfel apare un nou atom liber de clor. Lanțul se continuă. Prin acest mecanism, au putut fi explicate și alte reacții fotochimice. Prima fază — la fel ca mai sus. Să presupunem că reacția se efectuează în atmosferă de metan. În acest caz, atomul de clor ia hidrogenul din metan, făcînd să apară un radical liber — metilul:

$$\dot{Cl} + CH_4 \rightarrow HCl + \dot{CH_3}$$

Un radical liber, ca și un atom liber, este puternic reacționabil. El își extrage atomul lipsă din altă moleculă și astfel ia naștere un nou radical. Lanțul continuă, dacă nu intervine o substanță, care să capteze radicalul.
N.N. Semionov[1], începînd din 1926 și C.N. Hinshelwood (1928) au pus în lumină un tip special de reacții înlănțuite—cele ramificate. Între anii 1930 și 1933, s-a efectuat un mare număr de cercetări în legătură cu cinetica reacțiilor în lanț ramificate și neramificate. Experiențele și observațiile efectuate dovedeau că este tipul cel mai răspîndit de reacție în tehnica chimică. N.N.Semionov a elaborat teoria generală a reacțiilor înlănțuite, ramificate și neramificate, în cartea sa dedicată acestui subiect (1934). Teoria lui Semionov se baza pe lucrările unui grup larg de cercetători sovietici. Ipoteza caracterului radicalic al reacțiilor înlănțuite, emisă de Semionov, a fost strălucit confirmată prin cercetări experimentale efectuate în U.R.S.S. și S.U.A. Cracarea produselor petroliere, arderea combustibililor, polimerizarea, oxidarea lentă, clorurarea și o serie de reacții biochimice s-au dovedit a fi reacții tipice în lanț.
În procesul reacțiilor ramificate, amestecul de substanțe dă naștere mai multor particule active — radicali liberi — care devin, fiecare dintre ei, un inițiator al unui lanț. Creșterea numărului de radicali mărește viteza de reacție, care la rîndul ei determină creșterea numărului de radicali liberi. Concentrația de particule active atinge uneori valori uriașe, modificînd astfel sensibil mediul și condițiile de reacție. E suficient, adesea, să apară un singur radical liber, pentru ca să aibă loc procesul de inițiere. N.N. Semionov a demonstrat ideea interacțiunii dintre procesul înlănțuit și mediul în care el se desfășoară, a arătat că, pînă la o anumită limită, materialul poate rămîne în inerție totală, pentru ca — la un moment dat — o simplă modificare a dimensiunilor vasului de reacție, adăugarea unor particule, introducerea sau scoaterea unor fire să determine creșterea vitezei de reacție pînă la explozie. Un exemplu de reacție explicată prin teoria lui N.N. Semionov, este acela al polimerizării izobutenei, la temperaturi foarte joase. La — 100°C,

[1] Academicianul N.N. Semionov a primit Premiul Nobel, (împreună cu C.N. Hinshelwood) pe anul 1956 pentru lucrările în domeniul reacțiilor înlănțuite.

Nikolai Nikolaevici Semionov

reacția de polimerizare ia o viteză enormă, mergînd pînă la explozie, ceea ce impune folosirea unor diluanți, a unor inhibitori de reacție.

Teoria a fost supusă celor mai riguroase verificări experimentale. V.N. Kondatiev, E.I. Kondatieva, K.I. Avramenko, N.M. Emmanuel și o serie de alți cercetători au urmărit condițiile arderii, ale propagării flăcărilor, ale exploziilor, reacția lentă de oxidare a hidrogenului sulfurat și radicalii liberi produși în reacție, efectul suprafeței pereților și al produșilor de reacție etc. Toate aceste lucrări experimentale confirmă ideea „lavinei ramificate". Așa cum o singură piatră poate declanșa o uriașă avalanșă, tot așa o variație neînsemnată a dimensiunilor vaselor de reacție, introducerea sau scoaterea unei simple sîrme de metal (absorbante de radicali liberi) sau o infimă variație a densității gazului care reacționează poate declanșa o lavină de reacție. Un larg cîmp de activitate experimentală este deschis și fertilizat de această teorie. Problema activării substanțelor prin lumină de diferite lungimi de undă, prin radiații penetrante gama, prin introducere de adaosuri de inițiere, prin suprafețe solide de semiconductoare, de sticlă etc., se rezolvă prin experiențele de chimie fizică actuală. „Accelerarea reacțiilor este un aspect al problemei. Al doilea aspect, cel puțin tot atît de important — spune acad. N.N. Semionov, — este ca în urma reacției să se obțină substanțele care ne sînt necesare și nu acelea pe care le strecoară natura"[1].

* * *

Molecula, radicalul liber, electronul, legătura chimică, toate aceste realități cu care operează azi chimistul și-au dezvăluit, rînd pe rînd, însușirile esențiale. Teoria a luminat cărările experienței, iar experiența a confirmat previzările acelor teorii care erau conforme cu realitatea.

Peisajul mișcării chimice devine tot mai limpede. Cunoștințele acumulate se îmbină în construcții teoretice, în modele mintale, care reflectă tot mai precis dialectica acestei mișcări complexe. Întreaga evoluție a cunoașterii chimice se accelerează sub impulsul datelor și informațiilor acumulate de experiență, ca o reacție în lanț. Iar experiența științifică se fructifică în marile reactoare ale industriei chimice moderne.

[1] N. N. Semionov, *Unele probleme ale reacțiilor înlănțuite*, în „Analele romîno-sovietice", seria chimie, nr. 2, 1957, p. 40.

XXIX. Radiochimia

„Grupul care a participat la descoperirea elementului 101 a propus să fie numit mendeleeviu, în cinstea marelui chimist rus D. Mendeleev, care a folosit cel dintîi sistemul periodic pentru previziunea proprietăților chimice ale elementelor nedescoperite, principiu care a servit drept cheie pentru descoperirea ultimelor 7 elemente transuraniene"

ISIDORE PERLMAN și GLENN I. SEABORG

Ce încălzește oare hangarul soților Curie? Ce forță ține în loc deznădejdea și anulează sentimentul chinuitor care se ivește în fața mormanelor de pehblendă și a miilor de precipitate, la gîndul că elementul căutat a trecut în filtratul vărsat la canal?

Înaintea acestui proces penibil de filtrări și precipitări repetat la infinit, s-a produs în mințile celor doi cercetători un proces de filtrare atentă. Ei au pregătit întreaga operație și numai după ce au fost pe deplin convinși că proiectul lor nu are nici o greșeală, și-au îngăduit să pornească la lucru. Înainte de orice, informația științifică, informația multilaterală, totală, dacă se poate. Apoi ideea călăuzitoare, ipoteza de lucru. Instrumentul cel mai potrivit, cel mai sensibil și mai specific de măsurat. Organizarea după un plan amănunțit a operațiilor. Și hotărîrea de a nu părăsi terenul de investigație pînă la obținerea unui răspuns clar, pozitiv sau negativ, la întrebarea pusă naturii.

Întemeietorii radiochimiei, descoperitori ai radioactivității, s-au informat, și-au elaborat o ipoteză rațională de lucru bazată pe fapte experimentale și pe legile fizico-chimice cu valabilitate generală, au perfecționat și adaptat instrumentul specific de cercetare și n-au părăsit filonul cercetării pînă la obținerea rezultatului final.

* * *

În anul 1895, profesorul de fizică al Universității din Würtzburg, W. Roentgen, comunica rezultatele experiențelor sale cu tuburi conținînd gaze rarefiate (tuburi de tip Hittorf, Lenard sau Crookes) traversate de descărcările unei mari bobine de inducție. Roentgen efectuase experiențele sale în felul următor: înconjura tubul cu hîrtie neagră și-l așeza într-o cameră în care nu pătrundea lumina; în apropierea tubului lăsa un ecran format dintr-o hîrtie acoperită cu un strat de platinocianură de bariu sau sulfură de zinc. Primul rezultat: ecranul devenea luminescent. Prima concluzie: razele catodice[1], căzînd pe corpuri solide, pe sticlă sau metal (în tub) generează un nou tip de raze, care produc luminescența unor săruri. Aceste raze străbat hîrtia, lemnul, carnea, foi subțiri de metal.

[1] Descoperite de Hittorf în 1869; emise de catodul tubului cu gaze rarefiate sub influența descărcărilor electrice; razele catodice sînt fascicule de electroni.

Aceste noi radiații penetrante, care nu se reflectă, nu se refractă, nu sînt deviate de magneți și care pătrund ușor prin substanțe, Roentgen le numește „raze X".

Cercetătorul își continuă experiențele și demonstrează: transparența la raze X a sticlei fără plumb, a ebonitei, a plăcilor de aluminiu. Pune în fața razelor X scînduri și grinzi de lemn. Razele străbat aceste corpuri și impresionează placa fotografică, dînd niște fotografii-umbre. Roentgen fotografiază scheletul unor ființe, pe viu.

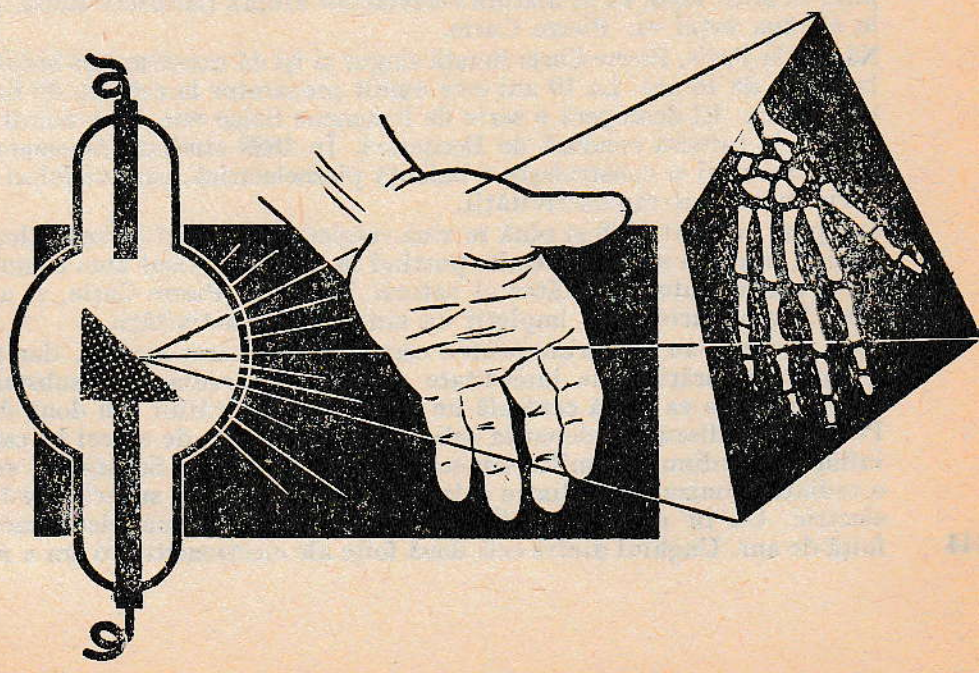
Din laboratorul profesorului, descoperirea a pătruns direct în public. Ziarele și revistele nu mai vorbeau decît despre „fotografierea invizibilului".

Fizicieni și chimiști, biologi, medici și-au întors privirile spre tuburile generatoare de raze catodice, anodice și Roentgen. Experimentează Jean Perrin de la École Normale; conferențiază despre sursa și teoria acestor raze H. Poincaré de la Academia de Științe din Paris, J.T. Bottomley din Londra; se apropie de studiul problemei Henri Becquerel (1852—1908). Roentgen arătase că sticla tubului pe care cădeau razele catodice devine fluorescentă și că simultan tubul emite radiații penetrante, raze X.

Becquerel elaborează ipoteza că radiația X este un fenomen asociat cu fluorescența, că deci orice corp fluorescent ar trebui să emită raze X.

Posesor al unei impresionante colecții de substanțe fluorescente, Henri Becquerel alege din această colecție cristale de alaun de potasiu și uraniu, substanță care devine luminescentă la simpla iradiere cu lumină vizibilă. Depune un cristal de alaun de uraniu pe o placă fotografică învelită în hîrtie neagră (pentru a evita impresionarea plăcii de către lumina soarelui) și expune întregul ansamblu la lumina soarelui. La developare constată că, într-adevăr, urma cristalului se observă pe placa fotografică.

„Fotografierea invizibilului"



Încercînd aceeaşi experienţă cu alte săruri fluorescente, el nu obţine nici un rezultat. Întrerupînd una din experienţe din cauza înnorării cerului, el ascunde proba de sare de uraniu cu placa sensibilă cu tot, învelită în hîrtie neagră, la întuneric, într-un sertar. Developează placa mai tîrziu, după două săptămîni, fără să fi expus proba de sare de uraniu la lumină. Or, şi în acest caz, el descoperă urma lăsată de mineral pe placă.
Ipoteza legăturii generale dintre fluorescenţă şi radiaţia X cădea. Era descoperită însă proprietatea uraniului de a emite raze, numite de Becquerel „raze uranice", deoarece numai sărurile de uraniu le produceau. „Razele uranice" aveau aceleaşi proprietăţi ca şi razele X. Între altele, ele produceau descărcarea rapidă a unui electrometru.
De aici pornesc Maria Sklodovska-Curie (1867—1934) şi Pierre Curie (1859—1906).

Soţii Curie

Maria Sklodovska-Curie s-a născut la Varşovia. La 16 ani termină liceul. În Polonia, femeile nu aveau pe atunci (sub regimul ţarist) dreptul de a urma cursuri universitare. Învaţă singură şi la vîrsta de 17 ani intră în slujbă ca guvernantă, pentru a strînge banii necesari plecării la Paris. În orele libere, predă lecţii copiilor de ţărani. După 7 ani, în 1891, la vîrsta de 24 de ani, pleacă în Franţa. Ia, în timp de 2 ani, (1891—1893) licenţa în fizică şi după încă un an (1894) licenţa în matematică. La prima lucrare retribuită, ea restituie bursa pe care o obţinuse. Cu prilejul acestei lucrări (din domeniul magnetismului) îl cunoaşte pe Pierre Curie. În 1896, ia examenul de profesor agregat şi hotărăşte să-şi aleagă ca lucrare pentru teza de doctorat o temă pornind de la lucrările profesorului ei, Becquerel. Începînd cu anul 1898, ea se alătură cercetărilor asupra radioactivităţii, pe care le efectua soţul ei, Pierre Curie.
Născut la Paris, Pierre Curie învaţă singur şi îşi dă examenul de bacalaureat la vîrsta de 16 ani. La 19 ani este numit preparator la catedra de fizică de la Sorbona. El descoperă o serie de fenomene fizice noi. Este numit şef de lucrări la catedra condusă de Becquerel. În 1889 studiază fenomenul piezoelectricităţii şi construieşte o balanţă piezoelectrică, care va folosi soţilor Curie la studiul radioactivităţii.
Începînd cu anul 1898 şi pînă în ziua tragicei sale morţi (a fost călcat de o trăsură în drum spre Academie, purtînd la el manuscrisul unei comunicări) viaţa pasionatului cercetător al naturii, modestul Pierre Curie, şi a soţiei sale, Maria Curie, s-au împletit cu studiul radioactivităţii.
Soţii Curie şi-au construit pentru cercetări un aparat simplu, dar perfect adaptat măsurărilor de intensitate a activităţii radiante a substanţelor. Aparatul avea ca piesă centrală un condensator alcătuit din două discuri. Pe unul din discuri se depunea substanţa de cercetat, de obicei în cantităţi infime, de ordinul zecimilor sau sutimilor de miligram. Substanţa, emiţînd o radiaţie, ioniza aerul dintre cele două discuri. Discul superior se încărca electric. Un fir metalic conducea curentul format la un electrometru cu foiţă de aur. Unghiul dintre cele două foiţe ale electrometrului era o măsură

directă a intensității radioactive. Dispozitivul construit era atît de sensibil, încît a condus chiar la o eroare (constatarea radioactivității la unele elemente neradioactive: cesiu, niobiu, tantal, fosfor). Eroarea se datora umidității probelor, care mărea conductibilitatea aerului dintre discurile condensatorului, influențînd aparatul.

Sistematic, Maria Curie cercetează pe rînd toate mineralele Muzeului de științe naturale din Paris. Ea stabilește o serie de fapte în legătură cu proprietatea substanțelor de a emite radiații spontane. În primul rînd, că această activitate radiantă a substanțelor este independentă de acțiunea temperaturii, presiunii, umidității atmosferice; în al doilea rînd, că numai mineralele de uraniu și toriu (1898) sînt radioactive.

Aceste constatări nu puteau fi puse la îndoială. Fenomenul radioactivității (termen creat de Maria Curie) naturale se impunea atenției fizico-chimiștilor. Vechile idei despre imuabilitatea atomului se cereau verificate, căci numai atomii puteau fi sursa acestor radiații. Atomii se dezintegrau. Acestea erau probleme care reclamau o nouă tratare teoretică, dar deocamdată mai erau multe de cercetat. Experiențele au dezvăluit o serie de contradicții, care se cereau lămurite tot pe cale experimentală.

Soții Curie constată că minereul pehblenda de Ioakimov este mai activ, mult mai activ decît ar fi fost de așteptat pe baza conținutului său în uraniu. Preparatele de laborator, care aveau un conținut procentual de uraniu mai mare decît minereul natural, erau mai puțin radioactive.

Și astfel se naște ideea plină de făgăduieli că în minereul de uraniu s-ar găsi elemente necunoscute, mai radioactive decît uraniul. Ce elemente ar putea fi acestea? Ghidul mendeleevian, tabloul periodic al elementelor, făcuse de atîtea ori dovada eficienței sale. Cînd spectroscopul în mîinile lui Bunsen sau ale lui Boisbaudran descoperea elemente necunoscute, aceeași lege a periodicității ghida cercetarea.

Maria Sklodovska-Curie și soțul ei, Pierre Curie, pornesc atacul sistematic al pehblendei. Tone de minereu de Ioakimov umplu hangarul neîncălzit în care cei doi cercetători își efectuează experiențele. După regulile analizei chimice anorganice, ei fracționează materialul, folosind reactivii obișnuiți de precipitare: acidul clorhidric, hidrogenul sulfurat etc. Măsoară de fiecare dată intensitatea radioactivității. Pas cu pas, ghidați de electrometru, ei separă fracțiuni tot mai radioactive. După separarea oxidului de uraniu, a oxidului de calciu, de plumb, de fier, de siliciu, de magneziu, vin la rînd alte elemente, — „diverse". Aproape toate elementele tabloului lui Mendeleev se regăsesc aici, în cantități mici sau infime. Era o adevărată „căutare a acului în carul cu fîn". Fracțiunea analitică conținînd bismut se dovedește mai radioactivă decît celelalte. După precipitarea bismutului, filtratul rămas este neradioactiv. Deci, elementele căutate se găsesc în precipitatul de sulfură de bismut, care dă — la măsurare — o radioactivitate de sute de ori mai intensă decît oxidul de uraniu. Or, soții Curie știau foarte bine că sulfura de bismut pură este cu totul neradioactivă. Impuritățile din sulfura de bismut erau, deci, cauza cauzelor. Cei doi savanți erau, de astă dată, aproape de elementul căutat. Maria Curie îl și numește cu numele patriei ei: poloniu. Aceasta, înainte chiar de a-l fi izolat în stare pură.

La 18 iulie 1898, soții Curie comunică identificarea poloniului.

Maria Curie

Să reținem acest amănunt cantitativ: o tonă de minereu de uraniu conține 0,0001 grame de poloniu. Așadar, ei au identificat acest nou element, care se găsea în proporție de 1 : 10 000 000 000 în materialul cercetat.

În același an, în luna octombrie, soții Curie anunță descoperirea unui nou element radioactiv, care însoțește bariul în precipitat. Numele ales pentru acest element, încă neidentificat, este radiu. Trebuia identificat și izolat noul element. Au fost necesare noi cantități uriașe de pehblendă. Prin intervenția geologului Eduard Suess, cercetătorii primesc rapid o tonă de reziduuri rezultate din prelucrarea pehblendei pentru extragerea uraniului, pe care-l consuma fabrica de sticlă din Viena. Aceste reziduuri erau mult mai radioactive decît pehblenda; erau mai concentrate în radiu.

Se punea problema separării radiului de bariu, problemă foarte dificilă, deoarece ambele elemente au aceleași proprietăți chimice: se dizolvă împreună, precipită împreună. Numai clorura și bromura de radiu sînt *ceva* mai greu solubile decît clorura și bromura de bariu.

După 45 de luni de la stabilirea existenței probabile a radiului (în 1902), Maria Curie, în colaborare cu H. Debierne, izbutește să prepare un decigram de clorură de radiu pură. Determină pe această substanță greutatea atomică a radiului. Rezultatul obținut: 226, conform locului în tabloul lui Mendeleev.

Analizele spectrale efectuate de diverși cercetători în 1899—1900 stabilesc noua serie de linii spectrale necunoscute pînă atunci. Radiul intră în familia elementelor și stîrnește acele întrebări, acel uriaș interes — justificat prin tot ceea ce a urmat — cercetările experimentale și aplicațiile tehnologice, care alcătuiesc la un loc radiochimia. Radiul își ocupă locul — lăsat liber — în tabloul lui Mendeleev.

Radiul emite particule materiale încărcate pozitiv (razele alfa), raze de tipul radiației Roentgen (raze gama) și fascicule de electroni (raze beta).

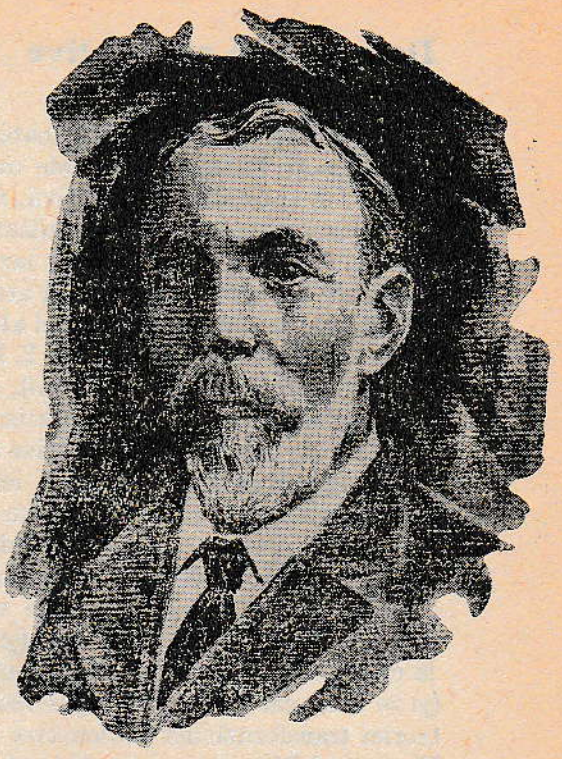
Lumea nucleului atomic se deschide cercetării.

Biologii încearcă efectul acestor radiații asupra țesuturilor vii. Medicii se grăbesc să folosească acțiunea distrugătoare a radiației pentru combaterea cancerului.

Domeniul de cercetare deschis de lucrările soților Curie atrag cercetători tineri și bătrîni. Se așteptau cu toții la descoperirea de noi elemente, de fenomene noi, inaccesibile pînă atunci.

William Ramsay cunoștea bine heliul, pe care-l descoperise. Metoda spectroscopică îi dăduse posibilitatea să detecteze urme de heliu. Or, el constată că, într-un tub închis, în care a fost păstrat un preparat de radiu, apare heliu.

William Ramsay



Puțină vreme după scoaterea heliului din tub și reînchiderea la flacără a tubului, Ramsay cercetează din nou gazul din tub. Și găsește din nou heliu. Dar aceasta însemna pur și simplu că radiul *se transformă* în heliu. *Emanația* radiului se transforma în heliu; un element se transforma, în mod spontan, în alt element. Era, deci, un fenomen de *transmutație* a elementelor. Cuvîntul era tulburător și plin de consecințe. Atomii se pot preface unii în alții. Legea dialectică a schimbărilor cantitative care prin acumulare duc la transformări calitative acționa și în lumea atomilor.

Ramsay a fost pînă într-atît captivat de ideea transmutației, încît a tras și o concluzie pripită, infirmată ulterior. Susținea că emanația de radiu pusă în contact cu apa formează un gaz nou, neonul, iar în prezența sărurilor de cupru și argint — argonul.

Erau firești asemenea erori în atmosfera febrilă de căutare pe care a stîrnit-o descoperirea radioactivității. Lucrările experimentale care au urmat acestor cercetări din pragul secolului nostru au constituit nucleul puternic al radiochimiei. După poloniu și radiu a urmat descoperirea actiniului. În aceeași pehblendă de Ioakimov, colaboratorul soților Curie, A. Debierne, izolează un element nou, pe care îl numește actiniu (emițător de raze). Actiniul se găsește în minereurile de uraniu în proporție de 1 atom la 900 000 000 atomi de uraniu.

În 1902, Friedrich Giesel crede că a descoperit în pehblendă un nou element, pe care-l numește euraniu, datorită puternicei sale emanații radioactive. Cercetări ulterioare arată că este vorba tot de actiniu.

Actiniul se concentrează în fracțiunile de lantan, alt „divers" din compoziția pehblendei, și se aseamănă atît de mult în reacții cu lantanul, încît n-a putut fi separat complet de fratele său chimic.

În 1903—1904 se ocupă de problema emanației de radiu W. Ramsay, F. Soddy E. Rutherford, P. Curie, J. Dewar. Se stabilește certa existență a unui nou element gazos. În 1908 se dă numele de nitoniu gazului radioactiv emanat din radiu, care, lichefiat, lucește cu o lumină slabă. Abia în 1923, nitoniul și-a primit numele actual de radon. Un gaz radioactiv, cu caracter de gaz zerovalent, care-și lua locul în tabloul lui Mendeleev, alături de heliu, argon, kripton, neon și xenon.

Teoria transformărilor radioactive se elaborează chiar în acești primi ani. Soddy introduce în 1904 noțiunea de izotopie radioactivă și stabilește legea transformărilor radioactive („legea de deplasare a valenței").

Descendențe radioactive

Rutherford și Soddy explică toate faptele cunoscute pînă la ei prin ipoteza că radioactivitatea se datorește unei dezintegrări explozive a atomilor. Ici și colo, în substanța radioactivă, unul din cîteva sute de milioane de atomi explodează spontan; sînt expulzate cu acest prilej: o particulă alfa sau o particulă beta și o rază gama; iar atomul explodat se transformă. Dacă s-a expulzat o particulă alfa, noul atom format va avea o masă mai mică cu 4 unități de masă (masa particulei alfa, care este egală cu a unui atom de heliu) și un număr atomic mai mic cu 2. Dacă explozia duce la emisia de particule beta (sarcini negative, electroni), atunci masa noului atom rămîne practic neschimbată, dar numărul atomic crește cu o unitate.

Teoria transformărilor radioactive spontane se baza pe generalizarea observațiilor experimentale. Ea sugera ideea existenței unor serii naturale de elemente radioactive care încep cu un cap de serie radioactiv și se sfîrșesc cu cîte un izotop[1] neradioactiv al plumbului.

Pe baza acestei teorii, se naște ipoteza existenței unui „părinte" radioactiv al actiniului drept cap de serie radioactivă. Acest „părinte" al actiniului poate fi un emițător de raze alfa (și în acest caz s-ar fi găsit cu două căsuțe mai la dreapta decît actiniul, în tabloul lui Mendeleev) sau emițător de raze beta (și în acest caz trebuia să se găsească cu o căsuță mai la stînga). Combinarea teoriei transformărilor radioactive cu legea periodicității orienta cercetarea. Elementul 91, protactiniu, fu astfel descoperit în reziduurile de pehblendă, în anul 1918, de Otto Hahn și Luise Meitner. Protactiniul se găsea în precipitatul de săruri de tantal, cu care legile elementelor indicau că trebuie să se înrudească.

Pe lîngă aceste elemente, se descopereau izotopii lor, apoi elemente de aceeași masă și număr atomic (deci izotope și izobare), manifestîndu-se doar prin energii diferite de radiație (elemente cu nuclee izomere).

În 1900, William Crookes face o experiență interesantă cu uraniu. Dintr-o soluție de sare de uraniu el precipită metalul cu carbonat de amoniu, apoi dizolvă precipitatul în exces de reactiv. Rămîne o mică cantitate nedizolvată, un reziduu insolubil. Or, acest reziduu impresionează puternic placa fotografică. Chimicește, este tot uraniu. Crookes îl numește uraniu X. Uraniul redizolvat nu impresionează placa fotografică.

H. Becquerel descoperă în 1900, în sărurile de uraniu, uraniul $X_1(UX_1)$, izotop cu toriul și uraniul $X_2(UX_2)$ izotop cu paladiul. Iuri N. Antonov descoperă în 1913 uraniul Y (UY) în sărurile de uraniu.

[1] Elemente care ocupă aceeași căsuță (avînd același număr atomic) în tabloul lui Mendeleev, dar au mase atomice diferite. Izotopii plumbului sînt: plumbul de masă atomică 204, plumbul 206, (numit și radiu G, element final al seriei radioactive a uraniului); plumbul 207 (sau actiniu D, element final al seriei actiniului); plumbul 208 (sau toriul D, element final al seriei toriului); plumbul 209; plumbul 210 (sau radiu D); plumbul 211 (sau actiniu B); plumbul 212 (sau toriu B); plumbul 214 (sau radiu B).

Ernest Rutherford

Experiențele arătau că atît uraniul X_1 și X_2, cît și uraniul Y sînt produși ai unor „părinți" radioactivi; că ei își pierd cu timpul radioactivitatea.

Se constituie astfel familiile radioactive ale uraniului, radiului, toriului și actiniului.

Cercetătorii fizico-chimiști descoperiseră — prin radioactivitatea naturală — mijlocul de a face accesibile simțurilor prefacerile naturale ale atomilor, istoria naturală a elementelor.

Se confirmau experimental vederile teoretice ale lui Nikolai Aleksandrovici Moruzov (1854—1946), savant revoluționar rus, care și-a scris lucrările în timpul celor 28 de ani de detențiune în închisorile țariste: *Sistemele periodice ale structurii materiei* (1907) și *D. I. Mendeleev și importanța sistemului său periodic pentru chimia viitorului*. Moruzov a exprimat limpede ideea evoluției elementelor în condițiile naturale ale cosmosului.

Un nou instrument de cercetare a structurii

În timp ce studiul radioactivității descifra evoluția naturală a elementelor, oferind mijlocul descoperirii unor elemente necunoscute pînă în veacul nostru și baza experimentală a teoriei structurii atomului, razele Roentgen luminau cărările unor cercetări teoretice și experimentale esențiale pentru desfășurarea procesului cunoașterii fizico-chimice.

Dezvoltînd ideile lui Rutherford, Niels Bohr dăduse un interesant model de atom, asemănător cu un sistem planetar în miniatură. Pe baza acestui model[1] se explica și originea razelor Roentgen. Nucleul atomului lui Bohr este înconjurat de electroni, circulînd pe orbite mai apropiate sau mai depărtate de nucleu. Sub acțiunea unei radiații corpusculare, un electron stabil de pe o orbită apropiată de nucleu poate fi smuls din sistemul nucleului. În acest caz, un electron de pe o orbită exterioară „cade" pe o orbită identică cu aceea a electronului care părăsește atomul și deoarece această „cădere" de pe o orbită mai depărtată pe una mai apropiată creează o cantitate de ener-

[1] Ulterior teoria lui Bohr s-a dovedit insuficientă pentru explicarea faptelor experimentale și a problemelor cantitative puse de ele. Rezolvarea acestor probleme au dat-o mecanica cuantică și mecanica ondulatorie.

gie disponibilă, această energie se degajează în afara atomului, sub forma razelor X. Fiecare element emite raze X de o anumită lungime de undă (respectiv frecvență), care caracterizează elementul.
Lungimea de undă a razelor X, dacă acestea erau de aceeași natură ca și lumina, se putea măsura folosind fenomenul difracției razelor, exact ca în cazul radiației de lumină vizibilă, numai că era nevoie de o rețea de difracție[1] cu striații atît de fine, încît nici o mînă de om, nici un instrument nu le-ar fi putut trasa. Max von Laue sugerează, în 1912, ideea de a folosi drept rețea de difracție un cristal natural și elaborează teoria difracției razelor X și instrumentul matematic de descriere a fenomenului.
Cristalografii William Bragg și fiul său W.L. Bragg aleg drept rețea un cristal de sare obișnuită, distanțele dintre șirurile de atomi ai cristalului dînd o rețea potrivită cu lungimea de undă a radiației X. Pe o asemenea idee și folosind instrumentul matematic elaborat de Laue, s-a putut stabili de către fizicieni mijlocul de a identifica radiația X a fiecărui element în parte. Pe această bază fizică a creat Moseley noțiunea de număr atomic.

În căutarea a 5 elemente

În preajma anului 1925, fizico-chimiștii lumii știau că au de descoperit încă 5 elemente cu numerele atomice: 43, 61, 75, 85, 87. Pe baza locului lor în tabloul periodicității, au fost prevăzute proprietățile lor și mineralele din natură în care prezența lor era probabilă.
În aceste condiții, se angajează soții W. și I. Noddack pe calea căutării elementelor 43 și 75, prevăzute de Mendeleev cu numele de ecamangani (omologi superiori ai manganului).
„Cine ia hotărîrea să caute un element necunoscut — spun soții Noddack[2] — pornește de obicei la lucru cu speranțe proaspete. Se cercetează toate substanțele imaginabile; de mii de ori ai impresia că țelul este aproape. Așa s-a întîmplat cu mulți, așa s-a întîmplat și cu noi... A trecut multă vreme pînă ne-am dat seama că descoperirea unor noi elemente nu poate fi darul unei ore fericite".
Cuplul de savanți cehi repeta cu alte mijloace o explorare de felul aceleia pe care au efectuat-o soții Curie. Îi ghida legea periodicității. Ea ghida și pe industriașii care au finanțat cercetările soților Noddack. Într-adevăr, găsindu-se între osmiu (elementul 76) și wolfram (elementul 74), metale atît de greu fuzibile, atît de rezistente la temperaturi înalte și atît de puțin volatile, unul din elementele căutate (75) se anunța ca o minunată afacere comercială: material pentru cele mai rezistente filamente. Condiția contractului dintre oamenii de afaceri și fizicienii Noddack era: punerea la punct a procedeului industrial de producție a metalului.
Cercetătorii au început prin analiza sistematică a minereurilor în care s-ar fi putut întîlni elementele căutate. Columbita (minereu de molibden și rute-

[1] Placă ce are trasate pe suprafața ei linii echidistante și poate fi folosită în locul unei prisme, pentru dispersarea luminii și producerea spectrelor.
[2] Citat după I. V. Hodakov, *Necesitate și întîmplare în dezvoltarea științei*, în „Voprosî filosofii", 1960, p. 45.

niu), tantalita (minereu de osmiu și wolfram) și niobita erau minereurile de maximă probabilitate.
Instrumentul de cercetare folosit de soții Noddack a fost analiza roentgenografică. Ei au calculat spectrul probabil al elementelor căutate; au stabilit calea separării. Trebuiau să ajungă la un oxid superior, solid la temperatura obișnuită, galben sau roz.
Au prelucrat și ei zeci de kilograme de minereu. Au făcut mii de roentgenograme. Liniile spectrale așteptate au apărut într-un tîrziu.
În 1925, elementul 75 a fost descoperit. Cercetătorii i-au dat numele de reniu, după numele fluviului Rin. Apoi s-a realizat și procedeul industrial pentru o producție de 10 grame. Era un metal care se putea forja și lamina, ușor solubil în acid azotic, greu solubil în acid clorhidric.
Soții Noddack au crezut că descoperiseră și elementul 43. L-au numit mazuriu. Dar aici s-au înșelat. Elementul 43 nu se lăsa descoperit în natură. Istoria obținerii lui face parte dintr-un capitol nou al cercetării fizico-chimice a veacului nostru, capitolul elementelor sintetice.
În anul 1929 se anunțase descoperirea unui nou element din cele 4 lipsă: elementul cu număr atomic 87. După poziția lui în sistemul periodic, trebuia să fie un metal alcalin. Dar metoda optico-magnetică, pe care cercetătorii au încercat s-o folosească pentru punerea în evidență a acestui element, n-a dat rezultate. S-a părăsit deci și numele de virginiu, propus de cercetători.
Elementele 43, 61, 85, 87 rezistau atacurilor sistematice ale celor mai buni experimentatori. Chiar dacă se surprindeau linii spectrale care nu se puteau atribui altor elemente, încercările de a separa elementele căutate, de a prepara o cantitate suficientă pentru cercetarea proprietăților lor fizice și chimice eșuau. Fie că existau sau nu în cantități infime în natură, ele se arătau prea instabile pentru a se lăsa izolate, concentrate și cercetate.

Transmutație, radioactivitate naturală

Ideea de a încerca să se obțină elemente artificiale prin modificarea unor atomi existenți în natură, stabili, radioactivi sau neradioactivi, s-a născut o dată cu celebra „reacție" nucleară descoperită de Rutherford[1] în 1919.
El experimenta de mai mulți ani cu metoda lui de urmărire a particulelor alfa produse de substanțele radioactive. Un gaz la o presiune mică de cîțiva milimetri coloană de mercur, supus unui cîmp electric de o intensitate apropiată de aceea care produce scînteia de descărcare, devenea foarte sensibil la ionizare. O particulă alfa, datorită sarcinii sale și vitezei enorme, produce oricum mii de ioni prin ciocnirea cu moleculele de gaz diluat. Cîmpul electric puternic din dispozitivul lui Rutherford accelerează mișcarea ionilor formați și determină astfel creșterea efectului de ionizare a particulei alfa. Se realizează astfel o cascadă de ionizare; fiecare particulă ionizată devine,

[1] Ernest Rutherford (1871—1937), fizician, originar din Noua Zeelandă. Profesor de fizică la Montreal și apoi de fizică experimentală la Manchester și Cambridge. Este elaboratorul unuia dintre primele modele cuantice ale atomului. A prevăzut, pe baze teoretice, existența neutronilor.

Irène Joliot-Curie

la rîndul ei, un agent de ionizare suplimentară. Efectul total al unei singure particule alfa determină o puternică influență asupra unui electrometru sensibil. Pentru o singură particulă, acul electrometrului se abate cu peste 20 milimetri.

Experiența lui Rutherford din 1919 a fost realizată cu un tub, în care se găsea, ca de obicei, o sursă alcătuită din cîteva miligrame de substanță radioactivă (radiu C). Gazul rarefiat din tub era azot. Azotul era deci „ținta" asupra căreia erau proiectate particulele alfa. Descriind experiența, Rutherford spune că ricoșarea particulelor alfa de „țintă" (observată fotografic) l-a uluit așa cum l-ar fi uluit un glonte care ar fi ricoșat sub ochii lui, lovindu-se de o simplă coală de hîrtie.

În tubul de experiență erau emise de substanța radioactivă cîteva zeci de milioane de particule alfa pe secundă. Sub acest bombardament, cîțiva atomi de azot sufereau o profundă modificare. Ei se transformau într-un izotop al oxigenului.

Azotul se transforma în oxigen...

Azotul are masa atomică 14; nucleul său este format din 3 nuclee de heliu de masă globală 12 și 2 nuclee de hidrogen suplimentar. Nimerite în plin de o particulă alfa, unele nuclee ale atomilor de azot pierdeau echilibrul lor inițial, cîștigau materia adusă de particula alfa (nucleu de heliu), pierdeau o parte din materia lui originală (proton de hidrogen) și ajungeau la un nou echilibru sub forma nucleului de oxigen 17.

În notația actuală, această reacție, care dărîmă un nucleu și reconstituie un altul, se poate scrie astfel:

$$^{14}_{7}N + ^{4}_{2}He \rightarrow (^{18}_{9}F) \rightarrow ^{1}_{1}H + ^{17}_{8}O \quad \text{sau prescurtat:} \quad ^{14}_{7}N\ (\alpha,p)\ ^{17}_{8}O$$

Nucleul de azot de masă 14 și număr atomic 7 captează o particulă alfa (nucleul de heliu) de masă 4 și număr atomic 2. Se formează astfel un nucleu mai greu, de masă 18 și de număr atomic 9. Acest nucleu, care este de fapt izotopul 18 al fluorului, este instabil. El expulzează imediat un nucleu de hidrogen (proton) de masă 1 și număr atomic 1, dînd un nucleu de masă 17 (izotop al oxigenului).

Reacția era o transmutație propriu-zisă.

Reacții nucleare

Element	Reacția	Elementul format	Timp de înjumătățire
$^{16}_{8}O$	(n,p)	$^{16}_{7}N$	7,3 s
$^{15}_{7}N$	(n,γ)	$^{16}_{7}N$	7,3 s
$^{27}_{13}Al$	(n,γ)	$^{28}_{13}Al$	2,3 min
$^{27}_{13}Al$	(n,p)	$^{27}_{12}Mg$	9,5 min
$^{55}_{25}Mn$	(n,γ)	$^{56}_{25}Mn$	2,6 h
$^{23}_{11}Na$	(n,γ)	$^{24}_{11}Na$	15,6 h
$^{50}_{24}Cr$	(n,γ)	$^{51}_{24}Cr$	26,5 z
$^{58}_{26}Fe$	(n,γ)	$^{59}_{26}Fe$	46,0 z

n — neutron γ — foton gama min — minut z — zile
p — proton s — secundă h — oră

În anul în care Rutherford realizase această experiență, se comunicau zeci de rezultate obținute cu spectrograful de masă al lui Aston, măsurîndu-se masele atomice ale izotopilor. El descoperă rînd pe rînd izotopii oxigenului, ai hidrogenului (deuteriul sau deuteronul ^{2}D) etc. În 1932, James Chadwick face o nouă descoperire epocală: existența în nucleul atomului a unei particule fără sarcină electrică: neutronul. Chadwick pornise de la o cercetare experimentală a lui Walter Bothe, care bombardase cu protoni (nuclei de hidrogen, adică atomi de hidrogen ionizați) beriliu de masă 9. Bothe obținuse pe această cale o radiație nouă, mai penetrantă decît cele mai dure raze gama. Chadwick demonstrează experimental că nu este vorba de raze gama, ci de un flux de particule rapide, fără sarcină electrică, de masă egală cu aceea a atomului de hidrogen. Aceste particule puteau fi obținute dintr-un amestec de cîteva miligrame de sare de radiu cu pulbere de beriliu într-un tub. Particulele obținute străbăteau pereții tubului, treceau prin atomii altor substanțe, fără a-i ioniza. Lipsite de sarcină electrică, aceste particule, numite neutroni, aveau o extraordinară putere de pătrundere prin materie. Neutronii căzînd peste nucleele unor substanțe, nerespinși de ei, pătrunde au în nuclee, producînd modificări esențiale ale structurii lor.

După descoperirea neutronului, fizica atomului avea să înregistreze o nouă victorie. În anul 1934, Frédéric și Irène Joliot-Curie fac această uluitoare observație: un element stabil, obișnuit, ca borul sau azotul, iradiat cu particule alfa, se transforma într-un element instabil, radioactiv. Bombardînd borul cu particule alfa, F. și I. Joliot-Curie obțineau un flux de particule

pozitive: pozitroni. Transmutația borului poate fi descrisă prin această succesiune de transformări:

$$^{10}B + {}^{4}He \longrightarrow {}^{14}N \longrightarrow {}^{13}N + {}^{1}n$$

1 atom de bor + 1 particulă alfa — radioazot 14 — izotop stabil al azotului 13 — 1 neutron

$$^{13}N \longrightarrow {}^{13}C + {}_{+1}^{0}e$$

izotopul 13 al azotului (radioazot 13) — izotopul 13 (mai stabil) al carbonului — 1 pozitron

Radioazotul se poate colecta în tuburi. El are toate proprietățile chimice ale azotului.

Pe calea deschisă de soții Joliot-Curie, s-au putut produce în serie substanțe radioactive artificiale prin bombardarea elementelor stabile cu particule alfa, protoni rapizi și neutroni încetiniți. Dar toate aceste transformări se produceau în cantități infime de substanță, deoarece numărul de particule emise de substanțele radioactive naturale era insuficient pentru a realiza efecte în masă.

E. Lawrence din California a inventat în 1932 un instrument, cu ajutorul căruia particulele emise de substanțele radioactive erau puternic accelerate. Instrumentul este ciclotronul. Un cîmp electric alternativ și un cîmp magnetic perpendicular pe cel electric determină un drum în spirală al protonilor și deuteronilor și accelerarea lor continuă. Se obțin astfel fluxuri de protoni și deuteroni cu energii pînă la 16 000 000 volți. Acestea sînt echivalente cu un fascicul de particule ce s-ar putea obține din 16 kg de radiu pur.

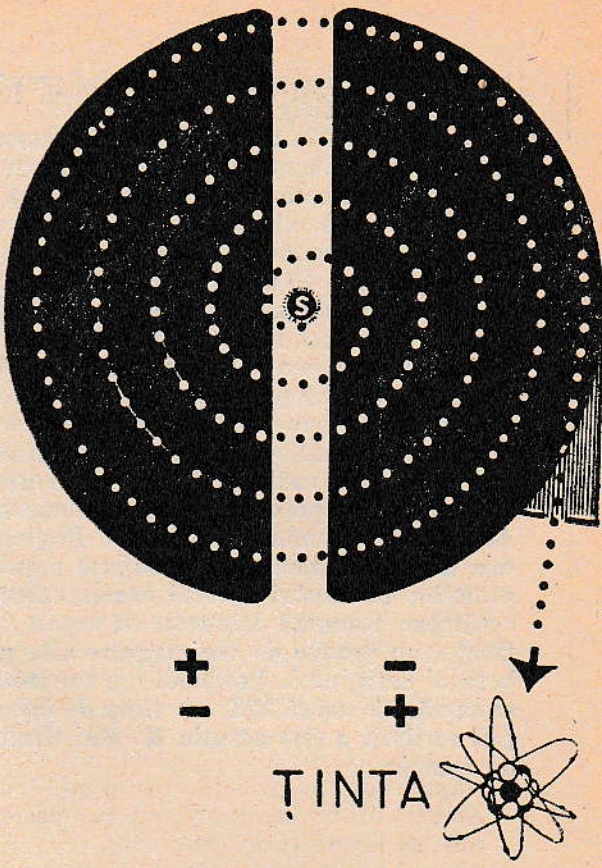
Abia după toate aceste descoperiri și după realizarea primului accelerator de particule, a putut fi reluată problema elementelor 43, 61, 85, 87.

În 1937 a fost supus unui „bombardament" cu deuteroni, într-un ciclotron, molibdenul. Așa s-a obținut pentru prima oară — pe cale artificială — un element. De aceea i s-a dat numele de tehnețiu (de la cuvîntul grecesc *technetos* = artificial). Era mult căutatul element 43. Proprietățile chimice ale elementului — obținut în cantități suficiente pentru a fi cercetat — erau conforme cu așteptările.

Pe baza studierii comportării izotopului ^{91}Tc (izotopul cu masă 91), care avea o durată de înjumătățire de 6 ore, s-a conchis că el trebuie să aibă și un izomer nuclear cu semiperioadă mai mare. S-a putut dovedi experimental că el este și un produs de dezintegrare a uraniului, putînd fi deci preparat în reactorul atomic.

Și, în sfîrșit, tehnețiul se putea prepara și prin bombardarea molibdenului cu neutroni. Bombardat cu neutroni în loc de deuteroni, molibdenul se transformă în izotopul său 91 (^{91}Mo), care trece în ^{91}Tc.

S-a preparat tehnețiu cu număr de masă 99, izotopul „cu viață lungă" al tehnețiului, cu perioadă de înjumătățire: 100 000 de ani; așadar, un element destul de stabil. S-au preparat cîteva miligrame de tehnețiu 99 și i s-au studiat proprietățile. Dă săruri cu metalele (pertehnetați) de culori vii. A început să fie folosit curînd în cercetări privitoare la coroziune. Elementul artificial tehnețiu a intrat astfel în familia elementelor folosite de om. Abia după ce a fost sintetizat, s-a putut demonstra existența lui în natură.



Schema accelerării particulelor emise de o sursă (S) în ciclotron; particulele accelerate lovesc atomii de substanțe (ținta) producînd schimbarea edificiului nuclear

>

Tehnețiul este un element foarte rar pe pămînt. Liniile spectrului său au fost descifrate în ultima vreme în atmosfera soarelui, în spectrele stelelor din clasa 5 și spectrul stelei Mira 6 din clasa M. Se găsește în cantitate apreciabilă în steaua R din constelația Andromeda. În unele stele, tehnețiul se găsește în proporții comparabile cu cele ale fierului, molibdenului, ruteniului, rodiului și paladiului. După tehnețiu a venit rîndul preparării artificiale a elementului 61. În 1938, bombardînd praseodimul și neodimul (elemente rare separate în anul 1885 și care dau săruri roșii-trandafirii), cu particule accelerate, în ciclotron, N. Kurbatov și alți cercetători au observat apariția unei radioactivități artificiale, pe care au atribuit-o unor izotopi ai elementului 61. Cercetătorii au dat elementului numele de cicloniu. Acest nume n-a fost omologat, deoarece nu se putea izola elementul și nu i se puteau stabili caracteristicile. În anul 1947, J.A. Marinski și L.E. Glendenin au putut anunța descoperirea a doi izotopi ai elementului 61, cu numerele de masă 147 și 149, printre produșii de fisiune ai uraniului. În 1948 s-au obținut cîteva miligrame prin separarea lor de elementele rare de care erau însoțite, folosindu-se metoda de separare cu rășini schimbătoare de ioni. Cercetătorii propuneau drept nume pentru elementul 61 numele lui Prometeu, legendarul aducător al focului pe pămînt. În 1949, numele (inițial *prometheum*), modificat în promețiu, a fost definitiv acceptat.

H. Hulubei și Y. Cauchois anunță în 1934 descoperirea elementului cu număr atomic 85 în depozitul activ „de viață scurtă" al radonului.

În anul 1940, elementul cu numărul 85 s-a obținut prin bombardarea bismutului cu particule alfa accelerate. S-a recurs la bismut, situat în tabloul periodicității cu două locuri înaintea elementului 85, pentru că vecinul imediat, care ar fi fost indicat pentru bombardare era poloniu, iar poloniul există în natură doar în cantități infime și deci nu este potrivit ca „materie primă" pentru sinteza unui element.

Elementul 85 a fost numit astatin, de la grecescul *astatos* = nestabil, deoarece nici unul din izotopii lui nu are un timp de înjumătățire mai mare de

cîteva ore. Astatinul este ecaiodul prevăzut de Mendeleev: un halogen mult mai electropozitiv decît iodul.
Ultima lacună în tabloul celor 92 elemente ale sistemului periodic se afla la numărul 87. Elementul trebuia să fie un metal alcalin. Dificultatea obținerii lui a fost explicată prin aceea că izotopii lui sînt mai instabili decît ai tuturor celorlalte 91 de elemente. Dacă izotopul cel mai stabil al astatinului are un timp de înjumătățire de cîteva ore, cel mai „longiv" izotop al elementului 87 are un timp de înjumătățire de numai 20 de minute. El a fost descoperit ca produs al dezagregării unor elemente mai grele.
După ce au fost stabilite familiile radioactive ale toriului, uraniului și protactiniului, s-a elaborat ipoteza că între uraniu și plumb trebuie să se descopere o întreagă serie de izotopi radioactivi ca produși de dezintegrare radioactivă. Elementul 87 refuza să se lase identificat în seriile obișnuite de elemente radioactive: toriu-plumb; uraniu-plumb; protactiniu-plumb. Nici un intermediar radioactiv obișnuit al acestor serii nu prezenta caracteristicile fizico-chimice prevăzute pentru elementul 87.
Actiniul are numărul atomic 89. Produsul dezintegrării sale alfa trebuia să dea tocmai elementul 87 (conform regulii amintite). Numai că majoritatea atomilor actiniului natural urmau calea dezintegrării beta. În 1939, o cercetătoare franceză izbutește să separe, prin metode radiochimice de mare finețe, un produs de dezintegrare alfa printre cei obișnuiți de dezintegrare beta ai actiniului. Produsul era un izotop radioactiv, de număr atomic 87 și număr de masă 223, cu timp de înjumătățire de 21 minute. Numele inițial atribuit a fost actiniu K. Mai tîrziu s-a acceptat internațional numele de franciu.

Transuranienele

Cînd s-a descoperit a patra serie radioactivă, a neptuniului, a fost obținut în cantități masive izotopul de masă 221 al franciului, emițător de raze alfa, cu timp de înjumătățire de 4,8 minute, între produșii de dezagregare succesivă ai acestei serii.
Dar cu aceasta am ajuns la un moment nou al sintezei artificiale a elementelor, care ar putea fi numit transuraniana: proiectarea și construcția unor elemente de dincolo de limita sistemului periodic.
Sintezele de transuraniene realizate în ultimii 20 de ani au îmbogățit lista elementelor pînă la numărul atomic 103. Fiecare din aceste sinteze își are epica sa, alcătuită din episoade dramatice; numele atribuite noilor elemente sînt încărcate de semnificații; toate aceste înfăptuiri ale fizico-chimiei contemporane legate de cea mai mare descoperire a veacului nostru, sursa nouă și nelimitată de energie din nucleele atomilor, se bazează pe efortul comun al cercetătorilor din lumea întreagă. Opera finală a înscrierii transuranienelor în lista elementelor este, în fond, sinteza creației lui Mendeleev și Einstein, a germanilor Otto Hahn, Liese Meitner și Fritz Strassmann, a scoțianului C.T.R. Wilson, a italienilor Enrico Fermi și Bruno Pontecorvo, a americanilor Glenn Theodore Seaborg și J. Robert Oppenheimer, a francezilor Irène și Frédéric Joliot-Curie, a sovieticilor G.N. Fleorov, K.A. Petrjak, D.V. Sko-

belțîn, I.V. Kurceatov, a zeci de colaboratori și elevi de-ai acestora austrieci, unguri, japonezi, romîni. Caracterul social-mondial al muncii științifice se demonstrează cu deosebită forță în acest rezultat epocal al cercetărilor fundamentale asupra materiei.

În timp ce imperialismul încearcă să dea acestor rezultate științifice o utilizare antiumană, așa cum dovedește cumplita crimă de la Hiroshima și Nagasaki, Uniunea Sovietică, țările lagărului socialist, forțele internaționale ale păcii luptă consecvent pentru utilizarea tuturor acestor creații ale geniului uman în slujba fericirii omului.

Cîteva evenimente științifice, care au precedat sintezele transuraniene și care sînt direct legate de aceste sinteze, se cer amintite măcar în cîteva cuvinte.

În anii 1934—1935, un grup de cercetători italieni, din care făcea parte, între alții, Bruno Pontecorvo, sub conducerea lui Enrico Fermi, descoperă efectul unor substanțe ca apa, ceara sau parafina (toate bogate în atomi de hidrogen) avînd proprietatea de a „modera" viteza neutronilor. Efectul de frînare a neutronilor poate duce de la viteze de 40 000 km pe secundă la viteze de 2,2 km pe secundă, viteză medie a moleculelor din aer.

Posibilitatea de a „frîna" neutronii deschidea perspectiva „mînuirii" lor, în conformitate cu un plan prestabilit de transmutație nucleară.

Se știa în preajma lui 1939, că atunci cînd un izotop mai greu al vreunui element captează un neutron, nucleul atomului devine instabil, se dezagregă radioactiv, emițînd particule beta și formează astfel elementul imediat următor. Cînd Hahn și Strassmann au bombardat uraniul cu neutroni, ei au constatat apariția neașteptată a unor elemente mult mai ușoare, de masă de două ori mai mică decît a uraniului. Chiar experimentatorilor le-a fost greu să admită că se găseau în fața unui fenomen surprins pentru întîia oară: fisiunea nucleului de uraniu, ruperea lui în două cu emitere concomitentă de neutroni din atomul scindat.

În 1940, tinerii cercetători Fleorov și Petrjak își stabilesc un punct de cercetare subteran în tunelul metroului de la Moscova. Ei voiau să evite neutronii, oricît de puțini, produși de razele cosmice. În aceste condiții, ei izbutesc să observe pentru prima oară în lume fenomenul rar al fisiunii spontane a uraniului.

Se adunaseră pînă în 1940—1942 date experimentale esențiale. Se elaborase o teorie a fisiunii nucleare și a reacțiilor nucleare înlănțuite.

În 1940, cu prilejul unor experiențe de fisionare a uraniului prin bombardare cu neutroni, s-a observat că în afara celor două fragmente rezultate din fisiune, apare și un produs radioactiv, cu timpul de înjumătățire de 2—3 zile, care nu se îndepărta într-atît de atomul din care lua naștere, încît să iasă din stratul de uraniu supus bombardării.

Prin metode chimice s-a stabilit că era vorba de un izotop cu număr atomic 93, deci un atom „transuranian". El se năștea prin dezintegrarea beta a uraniului de masă 239, care la rîndul lui se forma prin captarea unui neutron de către uraniul supus bombardamentului.

Era deci un element nou, neobservat în natură, sintetic. I s-a dat numele de neptuniu, după numele planetei de dincolo de planeta Uranus.

Cu 2 ani mai tîrziu, s-a preparat în cantități suficiente neptuniul de masă 237 ($^{237}_{93}Np$), izotop cu timp de înjumătățire de 2 000 000 ani, deci practic stabil. El a fost produs în reactorul atomic, din uraniu. Astfel, a început seria

sintezelor transuraniene. Neptuniului i-a urmat plutoniul (izotopii $^{242}_{94}Pu$ și $^{244}_{94}Pu$), care și-a căpătat numele de la cealaltă planetă transuraniană. Plutoniul a fost preparat în cantități de kilograme. Era, din toate punctele de vedere, un element interesant.

Plutoniul 239 are un timp de înjumătățire de 24 000 de ani, care pentru elementele radioactive sintetice înseamnă foarte mult. El poate fi scos din reactorul în care este produs și conservat multă vreme, fără a pierde cantități prea mari prin dezagregare spontană. Cu ajutorul neutronilor lenți sau rapizi, plutoniul poate fi și el fisionat ca și „celebrul" izotop al uraniului, ^{235}U. Plutoniul reprezintă deci un „combustibil" nuclear, care are —față de uraniul 235 — marele avantaj de a fi chimicește diferit de uraniu și deci separabil prin mijloacele chimice obișnuite.

O echipă de cercetători ai Universității din California, sub conducerea lui Seaborg, s-a specializat în sinteza transuranienelor. După neptuniu și plutoniu, ei au obținut în anii 1944—1945 elementele 95 și 96. Primul obținut din această nouă pereche de transuraniene a fost elementul 96. Sinteza s-a realizat în ciclotron, prin bombardarea plutoniului cu particule alfa. Elementul 95 a fost și el preparat dintr-un izotop al plutoniului (^{241}Pu) prin emisie beta. În cinstea familiei Curie, elementul 96 a fost numit curiu. După americiu (95) și curiu (96), au urmat, în anii 1949-1950, elementele 97 (berkeliu) și 98 (californiu). Pentru prepararea elementelor 97 și 98, a fost necesară în prealabil concentrarea unor cantități suficiente de 95 și 96. Elementul 97 a fost obținut prin bombardarea elementului 95, iar elementul 98 din elementul 96.

După sinteza elementelor 97 și 98, s-au preparat 8 izotopi ai elementului 97 și 11 izotopi ai elementului 98 în cantități suficiente pentru studiul proprietăților lor chimice.

Perechea următoare de transuraniene — 99 și 100—a fost identificată între produșii de dezintegrare radioactivă ai unor explozii termonucleare.

Numele de „einsteiniu" atribuit elementului 99 și „fermiu" atribuit elementului 100 exprimă omagiul adus lui Albert Einstein și Enrico Fermi.

Pentru sinteza elementului 101, Seaborg și colaboratorii săi au pornit de la izotopul 253 al einsteiniului. Ei se așteptau să atingă un izotop radioactiv cu timp de înjumătățire de 10 minute în proporție de 1 atom de 101 la 1 miliard de atomi einsteiniu.

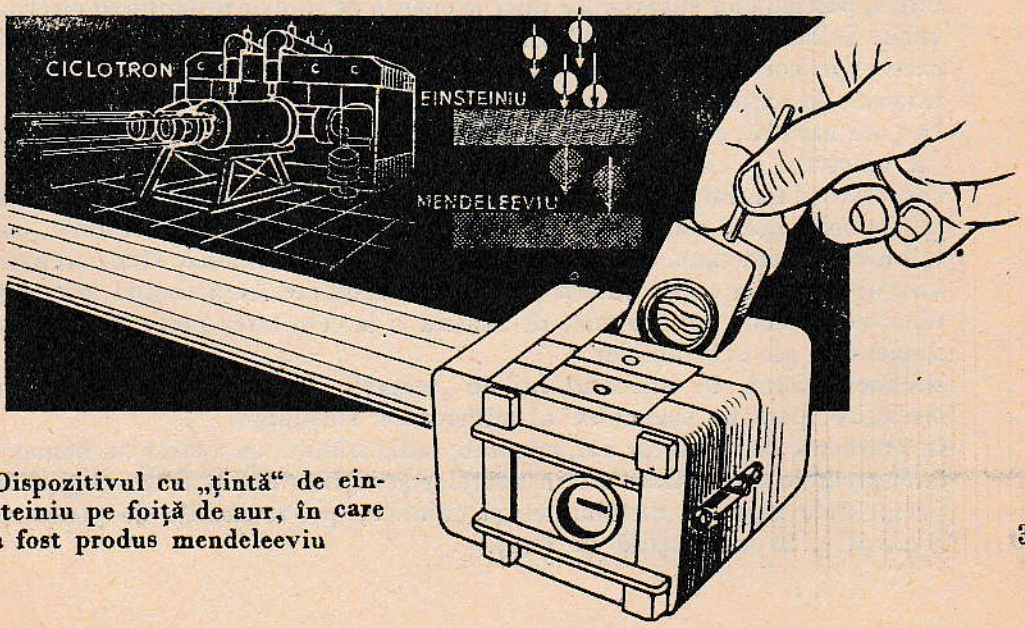
În mai puțin de 10 minute, elementul sintetizat — dacă sinteza izbutea — trebuia să fie identificat.

Ținta supusă bombardamentului cu particule alfa era un strat invizibil de einsteiniu depus pe o foiță de aur. Atomii de 101 formați în pelicula de einsteiniu se desprindeau — ca efect al reculului — de pe prima foiță și erau captați pe o a doua foiță de aur, care era dizolvată rapid și trecută printr-o coloană cu schimbători de ioni pentru identificare.

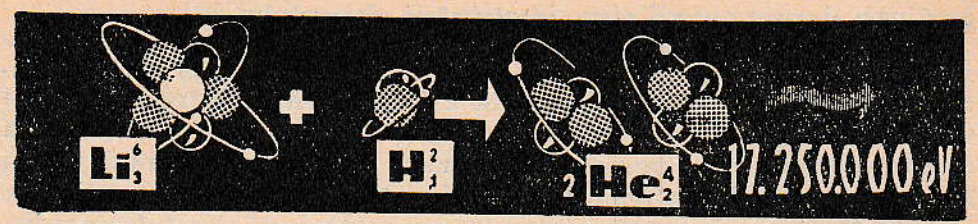
Încercînd să identifice elementul, după particulele alfa emise de el, cercetătorii s-au izbit de o dificultate serioasă. Radonul din atmosferă se dezintegrează, emițînd și el particule alfa de aceeași energie cu a particulelor emise de elementul 101.

Repetîndu-se experiențele în diferite condiții, s-a făcut observația că elementul 101 se dezintegra spontan, dînd un izotop al elementului 100. Dezintegrarea spontană se putea pune în evidență prin amplificarea curentului de ionizare produs în momentul dezintegrării.

Iată cum descriu autorii clipa identificării elementului 101:
„Așteptam cu respirația tăiată indicațiile aparatului legat la camera de ionizare. Se scurgeau încet orele. Zorile se iviră. Așteptarea ni se părea infinită. Și, în sfîrșit, fenomenul așteptat a avut loc. Acul instrumentului s-a mișcat spre mijlocul scării gradate, revenind apoi în poziția inițială, după ce a înregistrat o linie roșie netă, care marca un salt de ionizare de 10 ori mai mare decît valoarea ionizării ce ar fi putut fi provocată de particulele alfa. Acest salt nu mai fusese observat în nici o experiență cu substanțe radioactive efectuate de noi de-a lungul anilor. Am continuat observațiile. După o oră, acul a înregistrat un al doilea salt identic cu primul. Eram convinși acum că ne aflăm în fața dezagregării a doi atomi de 101 și că-l putem înscrie în lista elementelor".
Elementul 101 a căpătat numele de mendeleeviu.
A urmat elementul 102, nobeliu (după numele marelui chimist suedez, fondator al Premiului Nobel) și elementul 103, obținut în anul 1961, căruia i s-a atribuit numele de laurențiu, după creatorul primului ciclotron.
Trei milionimi de gram de californiu (elementul 98), pe o peliculă de nichel reprezenta ținta așezată la gura unui accelerator liniar de particule. Proiectilele de bombardare a țintei: nuclee de bor (formate din 5 protoni și 5 neutroni) și de izotop al borului (format din 5 protoni și 6 neutroni) accelerate pînă la 70 000 000 de electroni-volți. Ținta era închisă într-un recipient umplut cu heliu.
Așa s-a născut elementul cu numărul 103.
Lista elementelor sintetice nu este închisă. Cu nucleul tot mai instabil, cu viață tot mai scurtă, aceste elemente supragrele vor fi create pînă la aproape de numărul 140. Va fi nevoie de metode cu totul noi pentru a le pune în evidență existența efemeră de minute, secunde sau fracțiuni de secundă. Va



Dispozitivul cu „țintă" de einsteiniu pe foiță de aur, în care a fost produs mendeleeviu



Reacția nucleară dintre un izotop al litiului și deuteriu

fi nevoie de mijloace noi pentru construcția acestor elemente „de minimă probabilitate".

Și mai importantă decît sinteza unor noi elemente este cercetarea particulelor „elementare" ale substanței. Această pasionantă căutare a adevărului despre structura materiei strînge laolaltă, în clădirile marilor instalații nucleare, mii de cercetători.

La Dubna, în orașul de lîngă Moscova, în laboratoarele „Institutului unit pentru cercetări nucleare", la sincrociclotronul de 680 000 000 electron-volți și sincrofazotronul de 10 miliarde de electron-volți, cercetători tineri și bătrîni ai lumii socialiste observă giganticul dans al particulelor de materie, descoperind aspecte noi ale materiei la limita fantasticului. Cooperarea internaționalistă între savanții din țările socialiste și conștiința că fiecare lumină nouă a cunoașterii, aprinsă aici, va radia în viitoare bucurii ale umanității, dă aripi cercetării. Noi particule elementare, noi moduri de folosire a energiei conținute în materie, noi mijloace de dirijare a reacțiilor chimice se descoperă în aceste citadele ale științei.

Se construiesc reactoare termonucleare dirijate și acceleratori care măresc viteza particulelor subatomice pînă la energii de sute de miliarde de electron-volți. Se deschide astfel posibilitatea studiului experimental al fenomenelor care — în condiții naturale — au loc în stelele îndepărtate, la mii de ani lumină, în exploziile corpurilor cosmice, a novelor și supernovelor.

În țara noastră, cu sprijinul internaționalist al Uniunii Sovietice, s-au ridicat reactorul și ciclotronul Institutului de fizică atomică.

Cercetătorii romîni, vîrstnici și tineri, acționează asupra „atomilor fierbinți", preparînd izotopi radioactivi pentru nevoile industriei și agriculturii, contribuind la cercetarea efectului lor asupra reacțiilor chimice, studiind mecanismul reacțiilor sub acțiunea particulelor radiante, contribuind la crearea unor noi metode radiochimice de analiză și la cercetarea proprietăților fundamentale ale substanțelor.

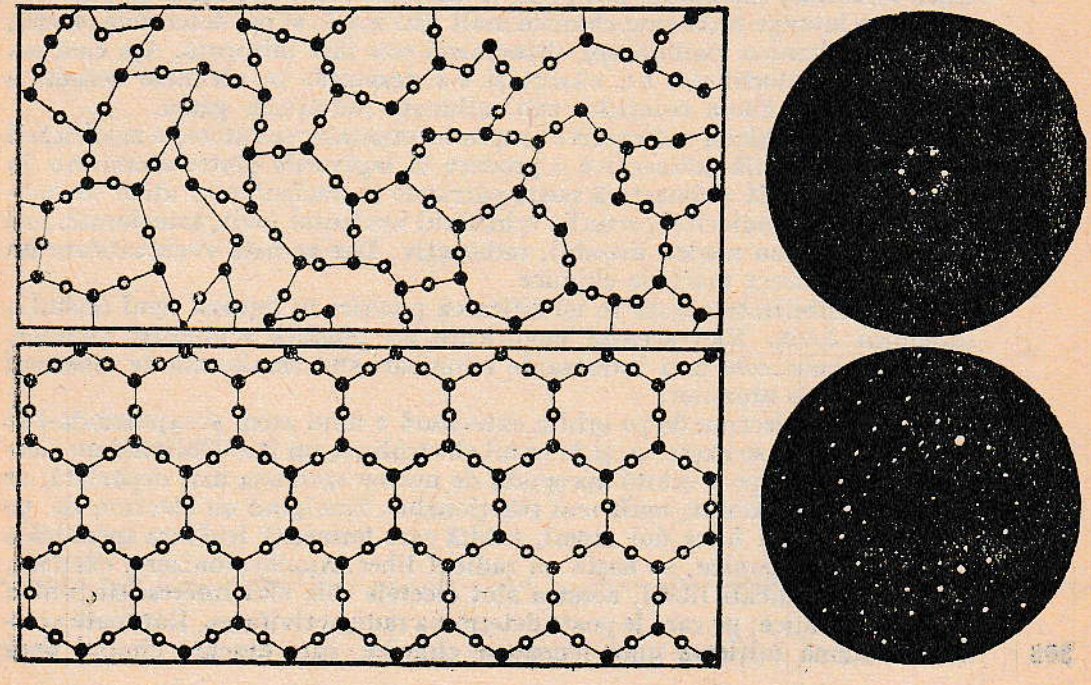
Radiochimistul, în costumul lui de protecție, manevrînd bizarele mîini mecanice, pare un scafandru al adîncurilor substanței.

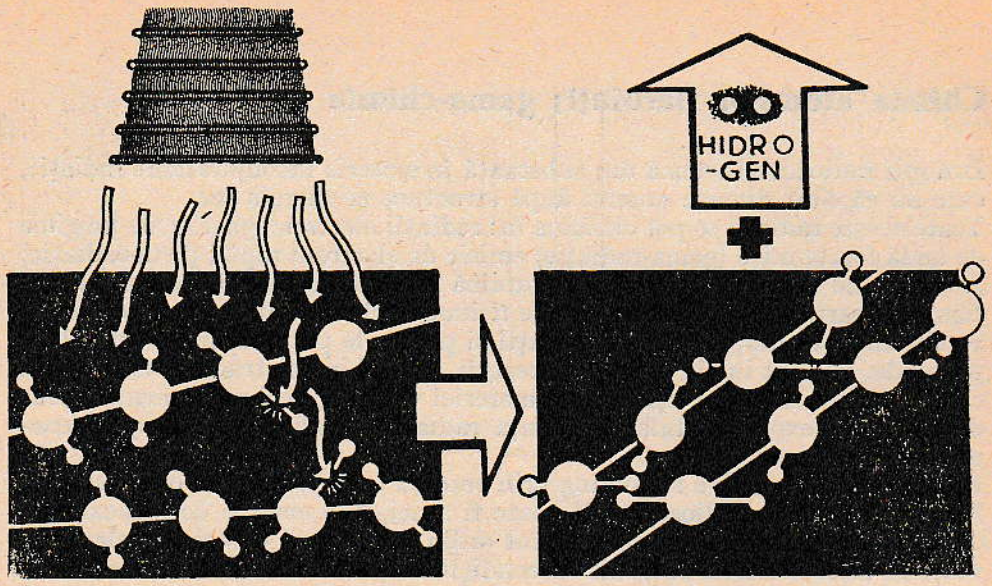
Instrumente de laborator noi, adaptate radiochimiei, au apărut nu numai în laboratoarele specializate ale institutelor științifice din R.P.R., ci și în laboratoarele uzinelor metalurgice și chimice, pe terenurile de prospecție minieră și în instalațiile de foraj.

Chimia atomilor fierbinți; gama-chimia

Izotopii radioactivi aruncă din substanță în materia înconjurătoare radiații, care au căpătat diverse numiri după structura și energia lor.
Toate aceste radiații se pot clasifica în: radiații electromagnetice de lungime de undă foarte mică (gama-radiație) emisie de electroni rapizi (beta-radiație) și emisie de particule nucleare cu sarcină electrică (protoni, deuteroni, helioni sau particule alfa, fragmente de fisiune nucleară) sau neutre (neutroni). Străbătînd substanțele, aceste radiații și particule pot determina schimbări profunde. Ele pot iniția lanțuri de reacții, pot schimba structura unei rețele cristaline, pot distruge organizarea materiei vii. Iată deci un domeniu imens de cercetare experimentală: influența radiațiilor radioactive asupra fenomenelor chimice.
Particulele radioactive se disting prin enorma energie pe care o transportă. Fiecărei particule radioactive îi poate fi asociată o energie de milioane de electron-volți. Dacă se compară acest ordin de mărime cu cei 240 electron-volți ai unui electron obișnuit în condiții obișnuite de tensiune medie, cu cei 3—6 electron-volți ai unui foton de lumină ultravioletă și cu cei 1,5—3 electron-volți ai unui foton de lumină vizibilă, apare netă deosebirea de energie și de efect posibil.
Bunsen se ocupa la vremea lui cu fotochimia, care a devenit un interesant domeniu de cercetare cu aplicație industrială. Hidrogenul și clorul se combină

Schimbarea structurii cristaline a bioxidului de siliciu sub acțiunea radiațiilor dure (În medalion, roengenograma confirmă această schimbare)





Iradierea polietilenei creează legături noi și schimbă organizarea catenelor în polimeri. În cazul de față se eliberează și atomi de hidrogen

exploziv în prezența luminii, dînd acid clorhidric. Clorurarea hidrocarburilor se face în industria modernă, folosind drept sursă de lumină o simplă lampă emițătoare de ultraviolete. În fond, tot sub acțiunea luminii se produc și minunatele sinteze din frunzele plantelor.

Dacă fotonii cu energia lor pot porni și întreține reacții, desigur că „fotonii" gama pot învinge rezistențe chimice mult mai mari; ei pot determina reacții, acolo unde lumina vizibilă sau ultravioletă este fără influență. Așa cum s-a dezvoltat o fotochimie, s-a născut și s-a dezvoltat în ultimele decade o gama-chimie, chimia reacțiilor sub influența radiațiilor gama.

Influența particulelor radioactive asupra substanțelor se datorește modificării pe care o particulă radioactivă o produce în legăturile dintre atomi sau în atom. O particulă radioactivă poate pătrunde în nucleul unui atom de substanță supusă iradierii și perturba echilibrul nucleului lovit, transformîndu-l eventual, într-un nucleu instabil, radioactiv. Dar această eventualitate nu interesează direct reacțiile chimice.

A doua posibilitate constă în modificarea poziției în rețeaua unui cristal a atomului lovit. Nici această modificare nu produce schimbări chimice. Pentru chimie, cele mai interesante schimbări sînt smulgerile de electroni de pe orbitele atomilor.

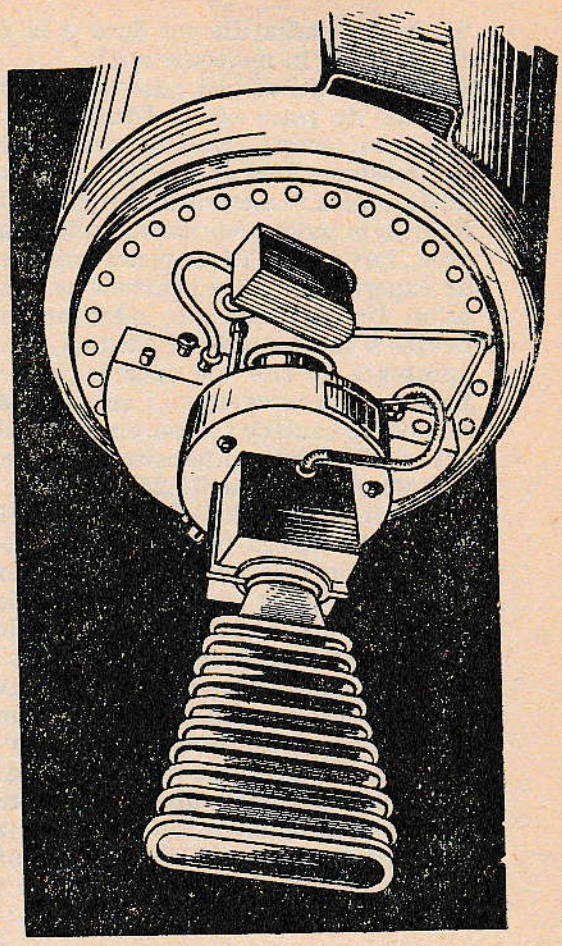
Smulgînd un electron de pe orbita exterioară a unui atom și expulzîndu-l în afara atomului, se naște, ca și în cazul electrolizei, un ion. Obligînd un electron să salte de pe o orbită apropiată de nucleu spre una mai depărtată, se naște un atom excitat, mult mai reacționabil. Smulgînd un electron de pe o orbită comună între doi atomi, orbită care formează legătura specifică a substanțelor organice, se naște un radical liber. Așadar, ionizare, excitare, formare de radicali liberi, acestea sînt efectele cele mai interesante pentru reacțiile chimice, pe care le poate determina radioactivitatea. Dar toate acestea înseamnă inițierea unor fenomene chimice, care deschid cîmpul unor

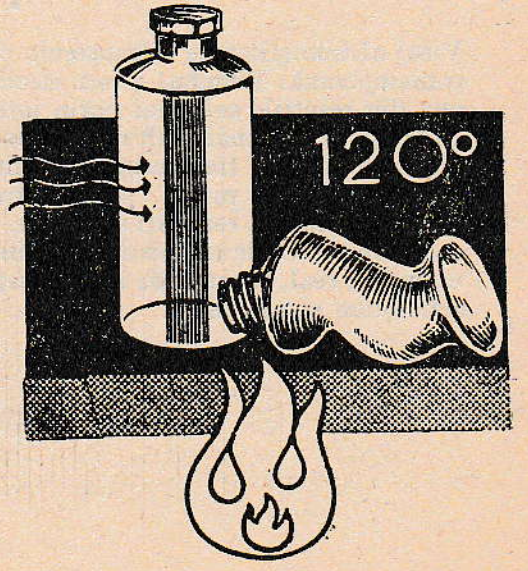
aplicații industriale și al unor experiențe științifice nerealizabile sau foarte greu realizabile pe alte căi (prin simplă încălzire, de pildă).

Să adăugăm la aceasta efectul radioactivității asupra naturii vii. Celulele supuse iradiației își modifică substanțele chimice componente. Efectul mortal se poate obține cu doze de energie extrem de mici, dacă energia este transmisă pe calea acestor radiații. Pentru o ființă omenească, efectul letal (mortal) este determinat de o doză radioactivă de 500 Roentgeni (dacă este aplicată întregului corp și dintr-o singură dată), care corespunde unei energii care, transformată în căldură, ar determina doar ridicarea temperaturii corpului cu o miime de grad. Iată dar, că nu numai cantitatea de energie, ci și calitatea ei joacă un rol esențial.

Cunoașterea efectului biologic al radioactivității înseamnă necesitatea și posibilitatea creării mijloacelor de apărare a organismului omenesc împotriva efectului radioactiv, dar în același timp posibilitatea sterilizării alimentelor, medicamentelor, a spațiilor de activitate umană cu cantități minime de energie penetrantă.

Efectele radioactivității asupra structurii substanțelor organice pot avea uneori aspecte nedorite de oameni. Uleiurile minerale supuse radiațiilor se pot transforma în blocuri solide, inutilizabile; dar, aceste efecte, conduse pe baza cunoașterii procesului, se pot manifesta în polimerizări (crearea de mase plastice), în „vulcanizarea" radiantă a cauciucului natural.





Sub acțiunea radiației gama, unele mase plastice devin mult mai rezistente la acțiunea căldurii. Un flacon de masă plastică iradiată își va păstra forma la 120°C

Și, invers, radiațiile pot duce și la depolimerizare, degradarea moleculelor de polimeri în molecule mici.
Cercetarea științifică găsește în izotopii radioactivi un instrument experimental de mare efect. Urmărind atomii radioactivi în cursul reacțiilor, urmărind acești „trasori" prin mijloacele electronice existente astăzi, se pot măsura viteze de reacție, se pot urmări pe faze momente de reacție, adică desfășurarea și mecanismul transferului de energie în cursul reacției și modificările în moleculele substanțelor reactante și în fiecare zonă a acestor molecule; într-un cuvînt, se poate urmări mecanismul reacției. Un singur exemplu de experiență ajunge pentru a ne imagina efectul radiațiilor asupra substanțelor. Un ulei siliconic, substanță transparentă, lichidă, supus radiațiilor, devine o substanță solid-elastică, tot transparentă, cu structură și proprietăți apropiate de cele ale cauciucului.
Existența reactoarelor și acceleratoarelor de particule creează ca produse secundare cantități importante de substanțe chimice conținînd atomi radioactivi. Ele sînt azi folosite în medicină, cercetări agricole și biologice (cobalt 60, fosfor 32, sodiu 24 etc.); sînt folosite de asemenea ca „trasori" pentru determinarea scăpărilor pe conductele de petrol (sodiu 24, potasiu 42 etc.). Se întrebuințează în laboratoarele de cercetări chimice și se pregătește folosirea lor în cele mai diferite domenii ale industriei. Radiocarbonul 14 C se folosește drept „orologiu arheologic" pentru determinarea vîrstei fosilelor, relicvelor arheologice și a straturilor geologice.
Țara noastră produce astăzi zeci de sortimente de izotopi radioactivi. Cercetătorii institutelor noastre științifice îmbogățesc paleta cunoașterii radiochimice. Problemele de rezolvat sînt încă multe. Industria trebuie să fie rentabilă și deci folosirea izotopilor se poate impune numai acolo unde alt mijloc ar fi mai scump sau n-ar exista. Pe de altă parte, utilizarea industrială presupune asigurarea absolută a protecției muncii și deci elaborarea în amănunt a tuturor măsurilor de protecție.
Indiferent de dificultățile ce mai sînt de învins, chimia „atomilor fierbinți" va deveni curînd una din cele mai puternice ramuri ale chimiei moderne.

*
* *

Visul alchimiștilor de a transmuta plumbul în aur a fost depășit de chimia contemporană. Plumbul a fost efectiv transmutat în aur. Dar aceasta este una din reacțiile cele mai puțin interesante.
În epoca în care mai mult de o treime din omenire a lichidat relațiile crunte ale exploatării și transformă în realitate visul de viață fericită al oamenilor muncii, aurul își pierde, pe zi ce trece, atributele de simbol al puterii. În dimensiunile noii realități socialiste, și transmutația elementelor, ca și toate celelalte visuri ale omenirii, își regăsește sensurile adevărat umane. Ea devine un mijloc real, concret, de înfrumusețare și înnobilare a condiției umane prin cunoaștere și acțiune.

XXX. Cauciuc și alte molecule-gigant

„Este într-adevăr minunat ce forme moleculare fantastice reușește să realizeze natura ajutată de acest constructor la scară moleculară, chimistul organician, prin simpla combinare a două elemente, carbonul și hidrogenul, ce echilibre neașteptate se stabilesc, depășind cele mai subtile concepții și calcule ale mecanicii clasice sau cuantice".

C.D. NENIȚESCU

La începutul veacului nostru sinteza organică își consolidase metodele și instrumentele. Tineri chimiști entuziaști își propuneau cele mai îndrăznețe construcții moleculare.

După sintezele lui Berthollet, Butlerov, Fischer, totul părea posibil. Teoria structurii, relațiile termodinamice, practica utilizării catalizatorilor, oțelurile anticorozive — ca material de construcție a reactoarelor chimice — aparatele de măsurat presiunea, temperatura, debitul, toate aceste arme ale tehnologiei chimice moderne scurtau drumul de la punerea unei probleme de sinteză la rezolvarea ei.

Natura și practica umană de milenii ofereau chimiștilor modele de materiale, ale căror însușiri le făceau indispensabile menținerii și dezvoltării civilizației.

Construcțiile, mașinile și uneltele, mobila, îmbrăcămintea, ambalajele, cartea erau în primul rînd: metal, lemn și piele, fibre vegetale și animale, beton, sticlă, hîrtie și cauciuc.

Dintre toate aceste materiale, betonul, sticla, hîrtia — ca și porțelanul și materialele ceramice — fuseseră create artificial, de-a lungul secolelor de practică umană. Lemnul și pielea, fibrele, cauciucul erau produse naturale. Era oare o condiție veșnică a umanității să aștepte creșterea brazilor și fagilor, a viermilor de mătase sau a bumbacului, a oilor, a arborelui de cauciuc pentru a obține — în cantități, desigur, limitate — materialele esențiale pentru viața civilizată a omului?

Dovada posibilității înlocuirii unora dintre aceste materiale cu altele sintetice fusese dată în cîteva împrejurări, în cursul secolului al XIX-lea.

Primele materiale sintetice

În anul 1848, doi cercetători germani încălzesc uleiul de in la temperaturi înalte și tratează masa vîscoasă rezultată din această fierbere cu acid azotic, pînă la obținerea unui material consistent cu însușiri plastice. În contact cu aerul, această masă se întărea. Materialul obținut capătă numele de cauciuc de ulei și a fost întrebuințat curent ca adaos la cauciucul natural.

În 1862 se încearcă dizolvarea nitrocelulozei — folosită, sub numele de fulmicoton, ca exploziv — pentru a da noi utilizări materialului obținut prin uscarea soluției.
Rezultatele n-au corespuns așteptărilor; posibilitatea era însă certă.
În 1863, tipograful J.W. Hyatt din Newark primește spre publicare anunțul unui concurs prin care se instituia un premiu de 10 000 dolari pentru obținerea unei substanțe artificiale care ar fi putut înlocui fildeșul natural din care se confecționau bile de biliard. Fratele acestui tipograf era chimistul J.S. Hyatt. El își propune rezolvarea problemei.
După șapte ani de cercetări, în 1869, ajutat de fratele său la efectuarea sutelor de cercetări și experiențe, J.S. Hyatt descoperă un solvent ideal pentru diferitele sorturi de fulmicoton: camforul. El inventează astfel celuloidul. Era — de fapt — prima masă plastică în sensul pe care-l atribuim noi astăzi cuvîntului.
Fulmicotonul (nitroceluloza) era o substanță obținută prin nitrarea[1] celulozei. Încercările de a-l transforma în fire asemănătoare cu cele de mătase s-au succedat mereu, deși inflamabilitatea materialului îl făcea impropriu pentru țesături.
St. Hilaire Chardonnet izbutește, în 1885, să obțină din nitroceluloză un fir „transparent, moale, cilindric... cu aspect de mătase". Procedeul lui Chardonnet consta în dizolvarea nitrocelulozei într-un solvent organic și scurgerea acestei soluții — sub presiune — prin orificiile foarte fine ale unei plăci de agat, în apă, cloroform, alcool sau alte lichide în care nitroceluloza este insolubilă. În aceste condiții, soluția se întărea imediat, luînd forma unui fir de diametrul și secțiunea orificiilor filierii. În 1889, începe producția industrială a firelor de mătase artificială. După inventarea procedeului de denitrare a firelor cu sulfhidrat alcalin, înlăturîndu-se astfel pericolul de aprindere, mătasea artificială devine un material textil curent pentru îmbrăcăminte feminină.
Metodele de preparare a mătăsii artificiale s-au dezvoltat rapid. Folosind drept solvent o soluție cupro-amoniacală, s-a obținut mătasea „cupro"; mai tîrziu s-a tratat celuloza cu un amestec de anhidridă acetică și acid acetic. Acetatul de celuloză astfel obținut, dizolvat în acetonă, devine materialul ce se presează prin filieră. Este mătasea „acetat".
Procedeele acestea sînt, însă, mereu tributare unui produs natural. Ele pornesc de la puful care rămîne pe semințele de bumbac după extragerea firelor lungi utilizate în industria bumbacului. Sursa de materie primă, limitată, îngusta volumul global al producției de mătase artificială. Însușirile ei nu puteau, de altfel, rivaliza cu cele ale mătăsii naturale.
În anul 1892, chimiștii transformă radical metoda obținerii mătăsii artificiale. Ei inventează procedeul „viscoză", obținînd o combinație solubilă în apă rezultată din tratarea celulozei cu hidroxid de sodiu și sulfură de carbon. Soluția apoasă se filează într-o baie de precipitare. Aici celuloza se regenerează ieșind din combinația ei cu hidroxidul și sulfura de carbon. Ea precipită astfel în fire. Mătasea viscoză a fost obținută în 1898, folosindu-se o soluție de clorură de amoniu drept baie de precipitare a viscozei.

[1] Reacție prin care se introduce în molecula unui corp organic gruparea funcțională — NO_2. Ca agent de nitrare se folosește acidul azotic (nitric).

În 1900, cartelul german al mătăsii artificiale „Vereinigte Kunstseidenfabriken A.G." din Frankfurt-pe-Main devine o forță pe piața textilă a lumii. Nitroceluloza avea să mai aducă alte surprize. În anul 1910, chimistul francez Benedictus scapă un flacon care conține o soluție de nitroceluloză. Ridicînd flaconul și examinîndu-l constată surprins că recipientul, deși plesnit, nu s-a prefăcut în cioburi. Nitroceluloza aderase la sticlă. Benedictus trage o concluzie practică imediată. El lipește două foi subțiri de sticlă cu un strat intermediar de nitroceluloză prin presare. Obține astfel triplexul, geamul sandwich, larg folosit la parbrizuri de automobile. Ulterior, nitroceluloza a fost înlocuită printr-un derivat polivinilic.
În 1897 se obține un nou material artificial, care imita cornul, chihlimbarul, fildeșul și celuloidul. Noul material, galalitul, se prepara prin reacția cazeinei cu formaldehida. Prin presare, substanța căpăta consistența cornului și se putea prelucra la strung, la polizor etc.
Celuloidul, mătasea artificială, galalitul, ebonita[1] erau primele materiale artificiale obținute prin modificarea unor substanțe naturale macromoleculare.
Cuvîntul macromoleculă avea să fie introdus ceva mai tîrziu, în primul deceniu al secolului nostru, de H. Staudinger; dar ideea preexista cuvîntului. Chimiștii încercau să realizeze, prin polimerizare, substanțe cu molecule tot mai mari, cu greutăți moleculare de ordinul zecilor, al sutelor de mii. Asemenea molecule erau constituenții albuminelor, dar și ai cauciucului, ai celulozei din lemn și fibre, ai componenților pielii. În preajma veacului nostru, moleculele-gigant erau la ordinea zilei. Ele n-au părăsit de atunci scena cercetării și producției chimice. A.M. Butlerov efectuase, în deceniul al optulea al veacului trecut, celebrele sale polimerizări de olefine inferioare. Emil Fischer realizase acei pași spre sinteza substanțelor proteinice, care marcau drumul spre macromoleculele din organism.
Chimiștii erau convinși că sinteza oricărei macromolecule naturale este posibilă. Și că acesta este drumul spre substanțe cu însușiri care răspund condițiilor de utilizare umană a materialelor.

Cauciucul sintetic

Dintre macromoleculele naturale, una reținea cu deosebire atenția experimentatorilor chimiști: cauciucul obținut din arborele plîngător *(cahuşu)*[2]. Zeci de ani i-a urmărit pe chimiștii lumii problema sintezei cauciucului.
Acest material este pomenit pentru întîia oară în „Istoria generală a Indiei" de Gonzalo Hernandez Oviedo y Valdas, care-l descrie ca material folosit de indieni pentru confecționarea mingilor de joacă. Sinonimul gumă este

[1] Obținută de Charles Goodyear în anul 1852. Procedeul de preparare consta în încălzirea cauciucului cu sulf, în cantitate mai mare decît cea necesară pentru vulcanizare, la circa 150°C. Pentru creșterea elasticității și durității se adăuga șelac. Ebonita înlocuia cu succes lemnul, cornul și osul în multe utilizări curente. Proprietățile lui izolante îl introduseseră rapid în construcția instalațiilor de telegrafie.
[2] Arborii de cauciuc sînt: *Hevea brasiliensis* în Brazilia și America Centrală; *Ficus elastica* din India. În Africa tropicală cresc mulți arbuști producători de cauciuc. Excrescențele rădăcinilor unor plante erbacee sînt și ele surse naturale de cauciuc: kok—saghizul, krîm—saghizul și tau—saghizul (din genul păpădiei) în U.R.S.S.

Aleksei Evgrafovici Favorski

<

introdus în 1580 de către Antonio Herrera Tordesillas în cartea „Istoria generală a călătoriilor și cuceririlor castiliane".

Cauciucul a fost introdus în Europa, în anul 1736, de Charles-Marie de la Condamine. În ceea ce privește utilizarea cauciucului natural și metodele de prelucrare (îndeosebi vulcanizarea) cele mai interesante contribuții le-a adus Charles Goodyear, între anii 1839 și 1855.

Producerea unui cauciuc identic cu cel natural și a unor cauciucuri cu însușiri superioare celui obținut prin vulcanizarea latexului natural formează, și în anii noștri, teme de cercetare științifică ale institutelor de chimie.

Începutul acestei epopei științifice... Se dovedise, încă în prima jumătate a secolului al XIX-lea, înrudirea dintre cauciuc și molecula izoprenului[1], care se obține prin distilarea uscată, lentă, a cauciucului natural. De la izopren trebuia, deci, pornit. Chimistul francez G. Bouchard[2] obține, în 1879, o mică cantitate dintr-o substanță asemănătoare cu laptele de cauciuc, lăsînd să acționeze asupra izoprenului timp de 15—20 zile acid clorhidric concentrat. Englezul V. Tilden confirmă prin noi experiențe (1892) lucrările și concluziile lui Bouchard.

Era un început modest. Experiența dovedea că de la izopren s-ar putea ajunge la cauciuc.

Primul atac sistematic al problemei îl pornește unul din elevii strălucitei școli ruse de chimie, care număra printre fondatorii ei pe Butlerov și Mendeleev. Aleksei Evgrafovici Favorski (1860—1945) s-a născut în satul Pavlov, din gubernia Nijnii-Novgorod. La vîrsta de 18 ani intră la Universitatea din Petersburg, facultatea de fizico-matematici, unde are ca profesori pe Dokuceaev, Menșutkin, Mendeleev și Butlerov.

Favorski își susține teza de magister în 1891. Este numit profesor; lucrările lui strîng în juru-i o întreagă pleiadă de tineri savanți, care vor aduce contribuții esențiale la dezvoltarea chimiei organice. Timp de 40 de ani, între 1900—1940, a fost membru în Consiliul Societății ruse de fizică și chimie și redactor responsabil al revistei acestei societăți.

În 1929 este ales membru al Academiei U.R.S.S. A fost distins de mai multe ori cu Ordinul Lenin.

[1] Avînd, după cum se vede în figura de la pag. 374, un lanț principal de 4 atomi de carbon cu două duble legături și un radical metilic la carbonul al doilea al lanțului principal, izoprenul poartă denumirea chimică: 2 metil butadien.

[2] A fost profesor la Școala Superioară de Farmacie din Paris.

Întreaga activitate de cercetător a lui Favorski se desfășoară în laboratoarele Universității din Petersburg. Aici își începe el lucrările încă din timpul studenției, în laboratorul lui Butlerov.

Lucrînd în laboratorul lui Butlerov, Favorski descoperă o interesantă transformare a unei hidrocarburi acetilenice. Hidrocarbura era etilacetilena. Transformarea se producea la 170°C, sub acțiunea unei soluții de hidroxid de sodiu în alcool etilic.

În aceste condiții, molecula etilacetilenei se modifica dînd un izomer cu doi radicali metil așezați simetric, de o parte și de alta a legăturii triple din molecula acetilenei (CH ≡ CH)

$$\underset{\text{etilacetilenă}}{CH_3CH_2{-}{-}C{\equiv}CH} \xrightarrow[\text{(soluție de hidroxid de sodiu în alcool)}]{\text{la } 170^\circ C} \underset{\text{dimetilacetilenă}}{CH_3{-}C{\equiv}C{-}CH_3}$$

Favorski sesizează importanța acestei reacții pentru descifrarea complicatelor transformări pe care le suferă hidrocarburile nesaturate sub acțiunea catalizatorilor și a căldurii.

Teza sa de magister din 1892 atacă „chestiunea mecanismului izomerizării hidrocarburilor nesaturate". Erau doar 69 de pagini, dar ele deschid o cale nouă, pe care Favorski și școala sa n-o vor mai părăsi.

Descoperind și posibilitatea izomerizării inverse a derivaților acetilenei și dezvoltînd teoria acestor transformări izomere, Favorski creează fundamentul cercetărilor ulterioare, care aveau să ducă la sinteza cauciucului, a terpenelor, a maselor plastice. El folosește hidroxid de potasiu în pulbere ca agent de activare a reacțiilor acetilenei și obține astfel un alcool terțiar din acetilenă și cetonă.

Din acești alcooli, prin extragerea unei molecule de apă, rezulta izopren. Așadar, era dată o cale directă de sinteză a „cărămizii" de construcție a cauciucului. Reacțiile lui Favorski indicau drumul spre familia cauciucurilor sintetice. Elevii săi vor duce pînă la capăt lucrările inițiate de acest clasic al organicii.

În timp ce Favorski și elevii săi studiau în mod sistematic reacțiile de sinteză ale izoprenului și derivaților săi, alți chimiști ruși încercau să rezolve direct problema sintezei cauciucului.

N.N. Mariutov observase, în 1889, reacția de polimerizare a unuia din omologii apropiați ai izoprenului, diizopropenilul (2,3-dimetilbutadienă). Era deci posibil și un alt punct de pornire în afară de izopren.

În 1900, I.L. Kondakov din Derpt rezolvă problema sintezei acestei noi substanțe de pornire pentru cauciucul sintetic. El acționează asupra diclorbutanului, cu același alcoolat de potasiu, reactiv folosit și de Favorski. Încălzind produsul reacției, Kondakov obține o masă tare și albă, rezultat al izomerizării parțiale a 2,3-dimetilbutadienei. Mai tîrziu el schimbă condițiile reacției de polimerizare. Nu mai încălzește soluția alcoolică, ci o păstrează timp de un an în tuburi închise, sub acțiunea luminii solare difuze. În asemenea împrejurări obține (1901) o masă albă, spongioasă, cu proprietăți de cauciuc natural.

„Avem, deci, în fața noastră — scrie englezul Weber despre produsul sintezei lui Kondakov — un produs... pe care trebuie să-l recunoaștem drept primul omolog cunoscut al cauciucului și care ne dă prima indicație concretă asupra posibilității, neprevăzută pînă acum, de a realiza cauciucul sintetic". 369

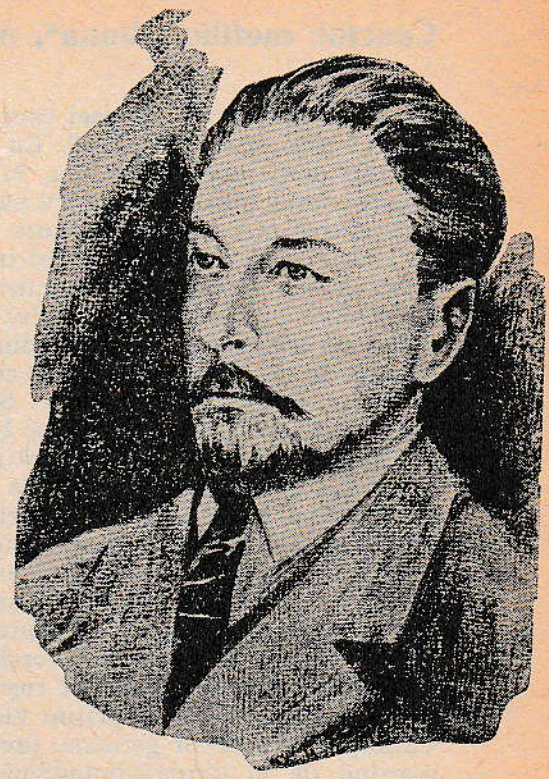
Pe drumul indicat de Favorski, au pornit elevii lui: I.I. Ostromîslenski, B.V. Bîzov și S.V. Lebedev.
Pentru realizarea, pe scară industrială, a sintezei cauciucului, trebuia să se rezolve, în primul rînd, problema producerii în mari cantități și la preț de cost scăzut a monomerilor[1]: izopren butadiena (divinil) sau a unor derivați ai lor. În al doilea rînd, trebuiau stabilite condițiile polimerizării în vederea dirijării reacției spre randamente maxime.
I.I. Ostromîslenski rezolvă parțial problema obținerii butadienei. El pleacă de la acetaldehidă și alcool etilic, pe care le condensează, folosind drept catalizator al reacției alumina.
Acetaldehida se obține, la rîndul ei, din alcool etilic. Erau deci două faze deosebite: obținerea acetaldehidei din alcool etilic și apoi combinarea acetaldehidei formate cu alcool etilic. Ostromîslenski își exprima speranța că cele două procese se vor putea unifica și că deci se va putea porni direct de la alcool pentru obținerea butadienei.
Această problemă a obținerii butadienei, pe o cale mai simplă decît cea găsită de Ostromîslenski, este abordată simultan de Bîzov și Lebedev. Primul pornește de la petrol. Era o sursă ieftină și abundentă de materie primă. Se știa din lucrările lui Ostromîslenski și ale altor cercetători că butadiena se poate obține prin descompunerea termică a multor substanțe organice. Format în laboratorul lui Favorski, Bîzov încearcă să dirijeze descompunerea termică (pirogenarea) petrolului și izbutește să obțină pe această cale butadiena. Își brevetează metoda în anul 1913. Randamentul de 20% era însă insuficient.
Problema unei producții rentabile nu era încă rezolvată. Mai tîrziu, metoda obținerii butadienei din produse petroliere a fost rezolvată în condiții de rentabilitate satisfăcătoare.

S. V. Lebedev (1874—1934)

Serghei Vasilievici Lebedev[2] reia problema de acolo de unde a lăsat-o Ostromîslenski. Era în anul 1917, pe cînd Lebedev era profesor la Academia de Medicină Militară.
El studiase pînă atunci în mod sistematic problema structurii izoprenului, relațiile de structură dintre izopren și cauciucul natural, cinetica și mecanismul polimerizării hidrocarburilor nesaturate. Experimentase reacția

[1] Substanța de pornire, care combinîndu-se cu ea însăși dă lanțurile moleculei de polimer.
[2] S.V. Lebedev s-a născut la Liublin. La vîrsta de 9 ani și-a pierdut tatăl. Cu întreaga familie, s-a mutat la Varșovia. Aici urmează cursurile gimnaziale, pe care le termină în 1895. Se înscrie la Facultatea de fizico-matematici din Petersburg. Între anii 1897—1899 lucrează la laboratorul lui Favorski, unde își pregătește lucrarea de diplomă. Participă în 1899 la mișcările studențești împotriva absolutismului țarist. Este arestat și exilat din Petersburg.
Absolvă facultatea în 1900. În 1904 este mobilizat.
În 1906, îl găsim la Paris, unde lucrează sub îndrumarea lui V. Henry la cercetarea alotropiei sulfului.
Întors din străinătate, urmează sfatul lui Favorski, începînd cercetările asupra polimerizării unor compuși organici nesaturați. În 1908 susține, în fața Societății ruse de chimie, o comunicare despre viteza polimerizării esterilor acidului acrilic. Începînd

Serghei Vasilievici Lebedev



de polimerizare a 16 hidrocarburi din seria divinilului, alenei și etilenei. A determinat structura polimerilor ce se obțin, pornind de la fiecare din aceste hidrocarburi, influența temperaturii și a diferiților catalizatori asupra vitezei de polimerizare, a randamentului și a proporției dintre dimeri și polimeri propriu-ziși. El a stabilit că se produc două procese diferite, în cadrul reacțiilor de polimerizare. Primul ducea la formarea unor molecule duble (dimeri) ciclice, oprindu-se astfel polimerizarea. Celălalt ducea la molecule lungi, liniare, de tip cauciuc, deci de greutate moleculară de peste 10 000. Cercetările sale asupra mecanismului și condițiilor polimerizării îl conduseseră la concluzia că formarea dimerului, neinteresant, sau a polimerului urmărit depinde, în mare măsură, de temperatură. Creșterea temperaturii ducea la creșterea proporției de dimeri; de unde necesitatea menținerii unei temperaturi joase în cursul reacției de polimerizare. Urmărind comparativ viteza polimerizării unor monomeri diferiți, Lebedev stabilește care sînt cele mai potrivite substanțe de pornire pentru obținerea moleculelor lungi de tipul celor care alcătuiesc cauciucul. Rezultatele studiilor sale îi îngăduie să atace cu succes problema sintezei cauciucului în anul 1917.

El rezolvă, în primul rînd, problema pusă de Ostromîslenski: trecerea directă de la alcool la monomer. Folosind un catalizator complex — format în principal din zinc și oxid de aluminiu — Lebedev trece vaporii de alcool peste acest catalizator, la temperatura de 425°, obținînd astfel drept produs principal butadiena, cu un randament satisfăcător.

Obținerea butadienei era pasul hotărîtor pe calea sintezei cauciucului. Era un rezultat strălucit care dovedea din nou că școala rusă de chimie organică se situa pe primul plan al științei mondiale.

Dar cu aceasta, lupta pentru obținerea cauciucului sintetic abia începea.

din a doua jumătate a anului 1909, el își închină întreaga energie și pasiune lucrărilor în domeniul hidrocarburilor nesaturate de tip divinil, alenă ($H_2C=C=CH_2$) și etilenă ($H_2C = CH_2$). El nu va mai părăsi pînă la sfîrșitul vieții cercetările asupra polimerizării hidrocarburilor saturate.

În anul 1925, organizează laboratorul de prelucrare chimică a petrolului și cărbunelui, fiind în același timp (începînd din 1916 și pînă la sfîrșitul vieții) profesor la Academia de Medicină Militară. Între 1928—1930 este și șeful laboratorului de cauciuc sintetic.

Cauciuc metilic, „buna", neopren

Lucrările consacrate sintezei cauciucului se desfășoară în mai toate țările lumii între anii 1910—1930. Cu deosebire, Germania imperialistă făcea eforturi desperate în preajma, în timpul și după primul război mondial. Găsirea unui înlocuitor pentru cauciuc era, pentru imperialismul german, o problemă mai grea decît aceea a obținerii azotaților sintetici, rezolvată de Haber. Transportul rapid al trupelor, aprovizionarea, transportul artileriei cereau anvelope de cauciuc. Zadarnic încercau militariștii germani să rezolve problema cauciucului prin spargerea blocadei țărilor aliate, trimițînd submarine să aducă din America — încă neintrată în război și lacomă de profituri de pe urma comerțului cu ambele părți beligerante — cauciuc, cît mai mult cauciuc. Spre sfîrșitul războiului, camioanele germane se tîrau fără anvelope, pe bandajele de oțel ale roților.

Douăzeci de ani au lucrat chimiștii uzinelor trustului „I.G. Farbenindustrie" înainte și după fuzionarea lor, la problema fabricării cauciucului sintetic. Ei încercau toate soluțiile anterioare date problemei. Aveau de rezolvat problema producerii monomerului, problema condițiilor de polimerizare și, pe lîngă toate acestea, problema sursei de materii prime, care în Germania nu putea fi nici petrolul și nici alcoolul obținut din cereale.

Pentru calea propriu-zisă de sinteză, chimiștii germani se adresează lucrărilor școlii lui Lebedev și Favorski. Țarismul nu era în stare să folosească marile cuceriri ale savanților ruși. Imperialismul german era însă gata să folosească tot ce putea sprijini visurile sale de dominare a lumii.

Chimiștii trusturilor germane preiau întîi metoda indicată de Kondakov, pornind de la dimetil-butadienă. Ei produc, pentru început, chiar în timpul primului război mondial, cîteva mii de tone de cauciuc „metilic". Pentru obținerea dimetil-butadienei, ei au pornit de la acetonă. Grăbiți să rezolve problemele tehnologice, ei au adoptat metode imperfecte de polimerizare. Cauciucul metilic era mult inferior celui natural. Se putea însă fabrica din el o ebonită bună.

Ideea de a produce, în cantități masive, cauciuc sintetic cu proprietăți de cauciuc natural n-a mai fost părăsită.

Birourile tehnice ale trusturilor imperialiste foloseau din plin prețiosul material documentar pe care îl reprezentau lucrările chimiștilor ruși. În laboratoarele trustului american „Standard Oil", ale trustului englez „I.C.I.", ale trustului german „I.G.", se lucra cu înfrigurare la rezolvarea problemelor tehnologice pe care le punea sinteza cauciucului.

În anul 1926, cercetările pentru sinteza cauciucului au fost reluate pe scară industrială de „I.G. Farbenindustrie" în Germania.

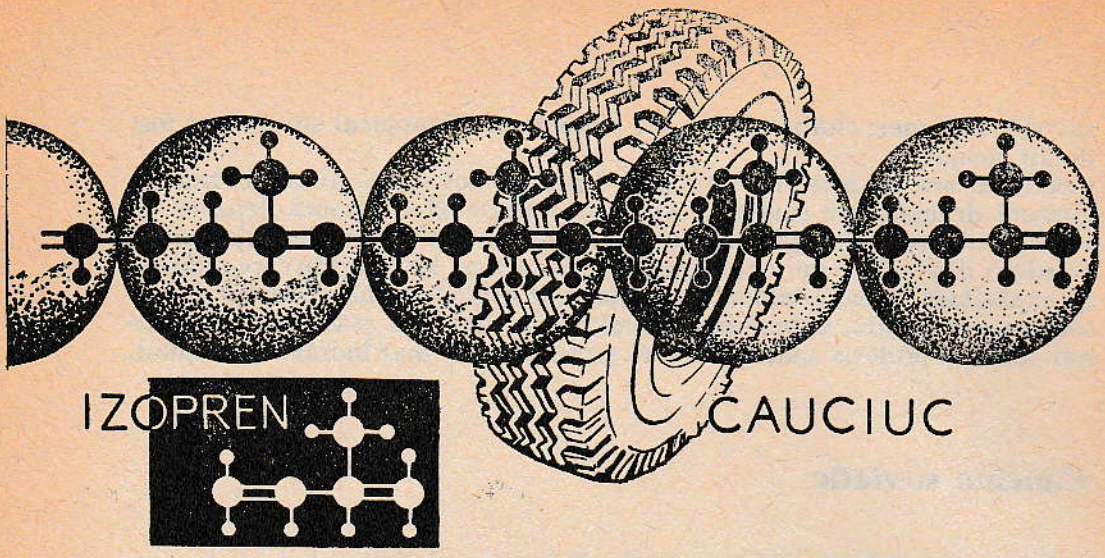
Chimiștii trusturilor germane au pornit din nou pe una din căile trasate de școala chimică rusă. De astă dată, ei au pornit de la butadienă, după metoda lui Lebedev. În locul alcoolului ca materie primă, ei au folosit însă acetilena. Polimerizarea butadienei se făcea cu sodiu metalic. *Buna* era numele cauciucului german obținut prin polimerizarea butadienei cu ajutorul sodiului metalic (*bu*tadien-*na*trium).

Începînd din anul 1929, chimiștii trustului american „Dupont de Nemours" realizează și ei un cauciuc sintetic, folosind ca monomer un derivat cloru-

rat al butadienei: clorbutadienă sau cloroprenul. Cauciucul american a fost numit neopren.
Cauciucul era un material strategic. Uniunea Sovietică, ai cărei chimiști croiseră drumul spre cauciucul sintetic, trebuia să fie ținută departe, cu orice preț, de tehnologia cauciucului sintetic. Dar trusturile imperialiste pierdeau din vedere un factor esențial: forța unei societăți în care relațiile de exploatare fuseseră înlocuite de relații de colaborare în producție. Într-o asemenea societate, entuziasmul revoluționar, tradiția științifică și sprijinul statului proletar puteau asigura succesul celor mai îndrăznețe acțiuni.

Cauciuc sovietic

Industria chimică pe care o moștenise Puterea sovietică de la țarism nu se putea compara cu aceea a țărilor imperialiste. Uriașele eforturi ale tinerei republici sovietice erau îndreptate spre crearea unei industrii grele. În cleștele blocadei economice, pe care o ridicaseră statele imperialiste, primul stat al muncitorilor și țăranilor, care și-a asumat gigantica sarcină de a construi bazele societății socialiste, realiza adevărate miracole. Se înălțau uzine metalurgice; se construiau primele centrale electrice; poporul sovietic făcea, sub conducerea Partidului Comunist, eforturi eroice pentru a lichida înapoierea economică a țării.
Încă din anul 1926 este instituit un concurs pentru cea mai bună metodă de obținere a cauciucului sintetic. Condițiile concursului erau: materialul să aibă aceleași calități și un preț comparabil cu cel al cauciucului natural. Metoda trebuia să fie însoțită de o schemă de proiect de instalație industrială.
Un colectiv de cercetători, în frunte cu S.V. Lebedev, prezintă în anul 1928 schema producerii industriale a cauciucului sintetic și obține premiul concursului.
La sfîrșitul anului 1930, a fost pusă în funcțiune prima stație-pilot, iar în 1931 s-a obținut primul bloc de cauciuc sintetic sovietic SK, în greutate de 260 kilograme.
Cînd s-a pornit la fabricarea industrială a cauciucului sintetic, în U.R.S.S., s-a pus problema alegerii materiei prime pentru sinteza butadienei.
Alcoolul se producea în anii aceia prin fermentarea cerealelor. Întrebarea era: este justificată o sinteză care să pornească de la o materie primă alimentară?
Chimist strălucit, Lebedev era în același timp un tehnolog talentat. El a analizat toate sursele posibile de butadienă: cărbune, petrol, acetilenă, alcool.
Tehnologia prelucrării cărbunelui, în anii în care își desfășura Lebedev primele lucrări, nu permitea obținerea unor randamente economice de butadienă. Acetilena constituia un produs deficitar în primii ani ai Puterii sovietice. Rămîneau deci ca materii prime concurente: țițeiul și alcoolul etilic.
Lebedev arăta că, deoarece la piroliza țițeiului se formează o cantitate oarecare de divinil, de izopren și de alte hidrocarburi etilenice,



țițeiul ar putea constitui, în cazul unei conjuncturi favorabile, materia primă dorită pentru prepararea cauciucului sintetic.

Fără a părăsi ideea utilizării țițeiului, conducînd lucrări experimentale cu diferite fracțiuni de țiței și urmărind randamentul în butadienă (divinil), Lebedev își concentrează atenția asupra obținerii divinilului din alcool etilic și asupra polimerizării divinilului în cauciuc. Era cea mai justă soluție a momentului.

În același an în care Lebedev pornise la elaborarea tehnologiei cauciucului sintetic, B.V. Bîzov pornea noi cercetări experimentale, de la țiței. La fabrica „Krasnîi Treugolnik" (Triunghiul roșu) din Leningrad, Bîzov a proiectat și a realizat o stație experimentală pentru obținerea divinilului din țiței.

Metoda lui Bîzov consta în trecerea țițeiului printr-un reactor în formă de retortă, încălzit la 950°C, sub presiunea de 40—50 mm col. Hg. Produsele obținute prin această piroliză a țițeiului erau răcite brusc. Era, așadar, aplicarea procedeului „călirii" gazelor de reacție, care urma să capete aplicații multilaterale în deceniile următoare.

Pe baza rezultatelor lui Bîzov, s-a construit o stație-pilot pentru verificarea metodei. Încercările făcute în această stație indicau un randament în divinil de 5—7% din țițeiul consumat. Consumul de energie pentru încălzirea țițeiului era considerabil. Aceste concluzii experimentale l-au determinat pe Lebedev să considere metoda cu punct de pornire țiței neeconomică. Ulterior însă, cînd s-au putut pune în valoare toate hidrocarburile rezultate din tratarea termică a țițeiului, acest punct de pornire pentru sinteza cauciucului a devenit deosebit de rentabil.

Astăzi se obține butadiena și prin dehidrogenarea butanului, și din alcool sintetic preparat din acetilenă; obținerea acetilenei nu mai pune problema unui consum exagerat de combustibil ca în perioada folosirii carbidului ca materie primă. Acetilena se obține din metan prin cracarea gazului în arcul electric.

În 1932 Lebedev se interesa îndeaproape de obținerea butadienei din butan. El a prevăzut enorma importanță a acestei surse de monomer pentru cau-

ciucul sintetic. Într-adevăr, este astăzi calea cea mai scurtă de la țiței la cauciucul sintetic.
În Uniunea Sovietică s-a pus de mult la punct tehnologia unui cauciuc sintetic cu monomer cloropren. Acest cauciuc se produce industrial sub numele de sovpren.
În țara noastră, cu sprijinul frățesc al Uniunii Sovietice — în proiectare, livrări de utilaj, asistență tehnică, specializare de cadre și acordare de credite — s-a ridicat în zilele noastre Combinatul petrochimic Borzești. Folosind gazele de cracare ale industriei noastre petroliere și butanul din gazele de sondă, acest combinat va produce 50 000 mii de tone de cauciuc sintetic pe an. Din cauciuc sintetic romînesc se vor produce în anul 1965, la Popești-Leordeni, 1 100 000 anvelope, care vor purta, ca atîtea sute de noi articole, inscripția lapidară: „Fabricat în R.P.R.".

*
* *

Eforturile îndreptate spre obținerea unui cauciuc sintetic, cu proprietăți mai apropiate de cele ale cauciucului natural, au continuat pînă în zilele noastre. Cele două proprietăți esențiale ale cauciucului natural: elasticitatea și comportarea sa termică la solicitare mecanică sînt încă superioare materialelor sintetice.
Noile posibilități de sinteză a izoprenului, studiul amănunțit al moleculei de cauciuc natural și al modului de formare a acestui polimer gigant — cu molecula formată din zeci de mii de radicali izoprenici, cu o greutate variind între 100 000 și 350 000 — vor duce curînd la sinteza unui cauciuc cu proprietăți superioare celui natural.
Cercetările din ultimii ani indică posibilitatea producerii de cauciucuri vulcanizate (elastomeri) pornind de la copolimeri amorfi etilenă-propilenă. Acești copolimeri amorfi prezintă însușiri superioare, din multe puncte de vedere, celor ale cauciucului natural.
Lupta pentru obținerea unor elastomeri superiori cauciucului natural nu s-a încheiat.

Materiale plastice

Istoria cauciucului sintetic este doar un moment al chimiei moleculelor-gigant.
Acum patru decenii, nici marii visători ai chimiei nu îndrăzneau să întrevadă destinul sintezei chimice. Azi, milioane de tone de mase plastice, fire și fibre sintetice produse în marile uzine chimice schimbă pur și simplu aspectul obișnuit al lucrurilor. Altfel arată și vor arăta mașinile, mobila, șoselele, construcțiile, îmbrăcămintea și încălțămintea. Materialele noi cuprinse în expresia largă și nepotrivită de „mase plastice" înlocuiesc rînd pe rînd lemnul, porțelanul, metalele, lîna și bumbacul, mătasea și inul, pielea, părul de porc sau blănurile. Sticla și hîrtia sînt și ele concurate de aceste produse noi ale geniului uman, care a știut să folosească luminile țîșnite din retorte, teoria chimică izvorîtă din experiență, pentru a iniția această întrecere colosală cu natura în producerea „moleculelor-gigant".

Fibre poliamidice (capron — U.R.S.S.; relon — R.P.R.; silon — R.S.Cehoslovacă; „nailon" — S.U.A.; perlon, grilon etc.), fibre polivinilice (rolan, acrilan, orlon etc.), fibre poliesterice (teran — R.P.R., tergal, terilenă etc.), rășini fenolice, melaminice, poliesterice, polivinilice, polietilenice, polipropilenice, siliconi, fluoro-carburi; denumirile acestea nu existau acum 20 de ani. Ele pătrund în vocabularul tehnicienilor și în limba noastră de toate zilele.

Vechea neîncredere în produse „artificiale" a dispărut. Epoca noastră nu este numai era automatizării și a mașinilor electronice de calcul, a energiei nucleare; ea este și era macromoleculelor sintetice.

Fiecare din produsele sintetice care a cucerit lumea își are propria sa istorie. Vom aminti cîteva împrejurări și date legate de evoluția macromoleculelor sintetice, cunoscute sub numele de „materiale plastice".

În anul 1872, A. Baeyer descoperă reacția de condensare dintre fenol și formaldehidă. În 1907, Baekeland pornește de la aceleași substanțe, efectuînd reacția în condiții mult mai blînde și obține produși macromoleculari, care au căpătat numele de bachelite sau fenoplaste.

Acesta este începutul modest al industriei de rășini, fenolformaldehidice (fenoplaste), care a crescut pînă la o producție anuală ce depășește 500 000 tone.

Se disting două procedee de preparare a fenoplastelor, după catalizatorul folosit: bazic sau acid.

Primul procedeu folosește drept catalizator hidroxidul de sodiu sau amoniac. În vase închise, se încălzește un amestec de fenol, soluție de formaldehidă și catalizator pînă începe reacția. Se răcește pentru a evita desfășurarea ei violentă. Se obține un lichid vîscos, care se separă de apă — în vid — la 80°C. Rășina care se obține (rezolul sau bachelita A) este o masă sticloasă, galbenă sau brună, ușor de pulverizat, solubilă în acetonă, fuzibilă la 90...100°C. Încălzind rezolul timp de cîteva minute la 150°C, el se solidifică, devenind astfel rezită sau bachelită C, produs final de condensare, care nu se mai dizolvă în nici un solvent și nu se topește. Încălzită pînă la 300°C, rezita se carbonizează fără a se înmuia.

Rezolul se amestecă cu materiale de umplutură (făină de lemn, azbest, sulfat de bariu, silice, celuloză) și coloranți. Se obține astfel „pulberea de presare".

Prin comprimare în forme încălzite, rezolul se topește; apoi se solidifică. Se obțin astfel produsele finite.

Impregnînd hîrtie cu soluție de rezol, suprapunînd aceste foi și încălzind pînă la autocondensarea rezolului, se obțin acele materiale de mare rezistență mecanică (textolit, bumolit etc.) folosite la fabricarea de roți dințate, lagăre, izolanți electrici.

Procedeul al doilea de preparare folosește drept catalizator acidul sulfuric. Se obține o rășină solubilă și fuzibilă, dar care nu se întărește la încălzire: novolacul. Novolacului i se adaugă materiale de umplutură și hexametilentetramină, substanță pe care a sintetizat-o Butlerov. Cu acest adaos, novolacul dă și el pulberi de presare.

Produsele de policondensare a fenolului cu formaldehida obținute de Baekeland sînt cele mai vechi materiale termoreactive[1]. Ele au pătruns rapid în electrotehnică, devenind materialele preferate pentru producția ștecherelor, prizelor, întrerupătoarelor, plăcilor izolante pentru automobile, receptoarelor telefonice, suporților pentru bobine, cutiilor pentru condensatoare, soclurilor de lămpi radio etc.

Producerea și utilizarea acestor materiale au precedat cunoașterea structurii lor complicate. Rezultat al experienței industriale, ele au devenit abia mai pe urmă obiect al unor cercetări științifice.

Examinîndu-se cu procedee moderne de analiză structura lor, s-a ajuns la concluzia că legătura dintre moleculele fenolice se face prin punți de metilen ($-CH_2-$).

Folosindu-se, în afară de fenolul propriu-zis, fenoli cu mai multe grupe oxidrilice ($-OH$), s-au realizat tipuri variate de novolacuri, care se deosebesc între ele prin „nucleul" polimolecular al macromoleculei. S-a lămurit structura catenară și reticulară a bachelitelor.

Cercetări sovietice au dus la obținerea unor „bloc-polimeri" din rășină fenol-formaldehidică și cauciuc nitrilic. Metoda folosită constă în ruperea mecanică a legăturilor chimice ale polimerului format inițial.

Studiul atent al structurii fenoplastelor a condus la realizarea unor procedee continue de fabricație și la obținerea unor materiale cu proprietăți superioare primelor bachelite.

Începînd din 1950 se fabrică pe scară industrială „spume solide" și materiale expandate. Densitatea acestor materiale celulare poate merge în jos pînă la 0,015 g/cm^3, deci la o densitate de peste 60 de ori mai mică decît a apei.

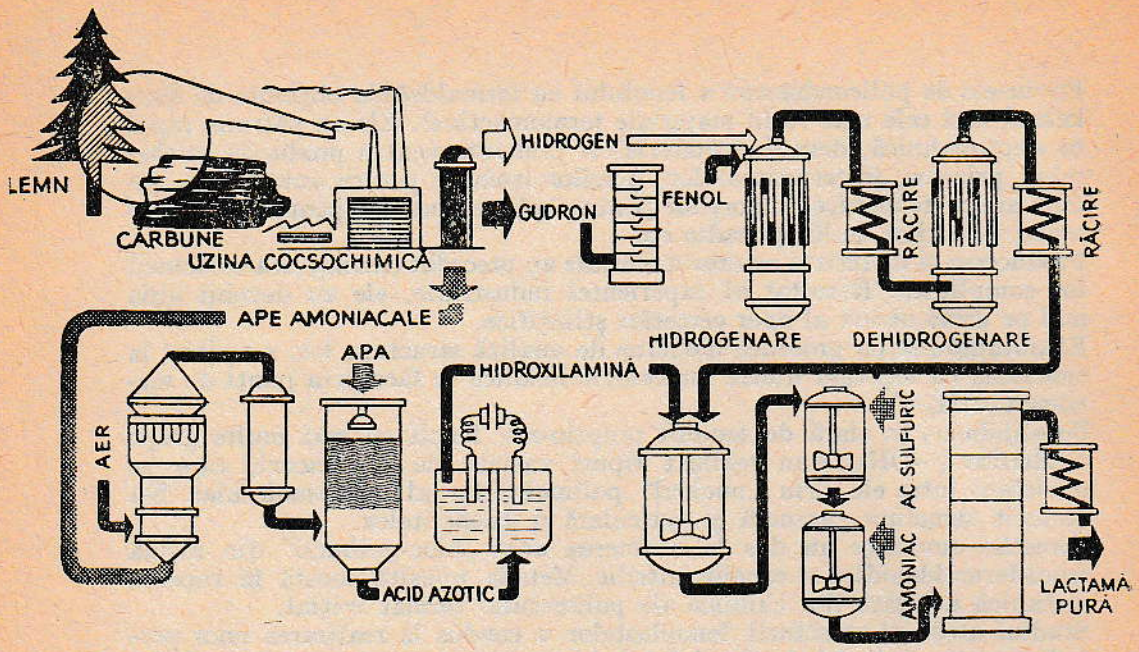
Fenoplastele nu și-au spus încă ultimul cuvînt. Ele evoluează o dată cu chimia polimerilor. Deși termoplastele se impun în nenumărate domenii de folosință, fenoplastele și familiile de materiale termorigide înrudite cu ele, aminoplastele, obținute prin condensarea unui compus aminat cu formaldehide, nu părăsesc terenul. Prețul lor de cost redus, rezistența lor termică și chimică le clasează printre materialele indispensabile ale industriei moderne.

Ca urmare a unor experimentări industriale începute în 1951, s-a realizat, de pildă, în R.D.G., o rășină fenolică avînd ca material de umplutură fibre de bumbac. Materialul obținut, cunoscut sub numele de duroplast, este folosit la fabricarea caroseriilor de automobile și a altor piese de mari dimensiuni.

În țara noastră, înainte de 23 August 1944, se importa praf de bachelită, care se prelucra în ateliere primitive, cu metode meșteșugărești. S-a încercat și producerea unor polimeri de tipul bachelitei. Acest embrion al pro-

[1] „Termoreactiv" sau „termorigid", spre deosebire de termoplastic; masele plastice termoreactive se realizează în timpul încălzirii, devenind infuzibile și insolubile. Transformarea lor este ireversibilă. Rășinile termoplastice se înmoaie la încălzire, devenind lichide vîscoase; după răcire, se reîntăresc, operația fiind reversibilă.

[2] În 1920, chimistul ceh H. John observă formarea unei substanțe plastice prin fierberea unui amestec de formol și uree. Chimistul austriac F. Pollack pune la punct fabricarea industrială a aminoplastelor între anii 1920—1931. Denumirea inițială dată de Pollack materialului obținut a fost „pollopas".



De la fenol (obținut din cărbune) la lactamă

ducției de polimeri n-avea perspective de dezvoltare, în condițiile dependenței de trusturile străine.

Industria de polimeri sintetici se dezvoltă astăzi la noi într-un ritm care să asigure în anul 1965 o producție de peste 95 000 de tone — de 16 ori mai mare decît în 1959.

Profilîndu-se după cele mai interesante materiale polimere (clorură de polivinil, polietilene, rășini poliamidice etc.), industria noastră de mase plastice nu neglijează fenoplastele, ținînd seama de ponderea și rolul lor în ansamblul materialelor sintetice.

La Combinatul chimic nr. 1 — Făgăraș, la Întreprinderea de cabluri și materiale izolante — București, se produc astăzi în masă fenoplaste, care se prelucrează în aceste uzine și în întreprinderile chimice și electrotehnice beneficiare.

Nailon, capron, relon, silon, perlon... Aceste denumiri comerciale ale fibrelor poliamidice au astăzi o circulație care concurează serios străvechile denumiri ale fibrelor naturale: lînă, bumbac, in.

Cercetătorii s-au întîlnit deseori cu legătura poliamidică în polimerii naturali. Fischer a realizat celebrele sale sinteze de substanțe cu punți $-CO-NH-$. Studiul firelor de mătase naturală a condus la descoperirea constituentului fundamental al lor: fibroina, prin hidroliza căreia se obțineau doi aminoacizi: glicocolul și alanina.

Analiza roentgenografică a fibrelor de mătase naturală descoperea „motivul" amidic în molecula de fibroină.

$$-CO-NH-\ldots-CO-NH-\ldots-CO-NH-$$

Începînd cu anul 1930, chimistul american W. H. Carothers lucrează la sinteza unor polimeri de tipul mătăsii. El se bazează pe unele lucrări anterioare ale altor cercetători (anii 1899—1907).

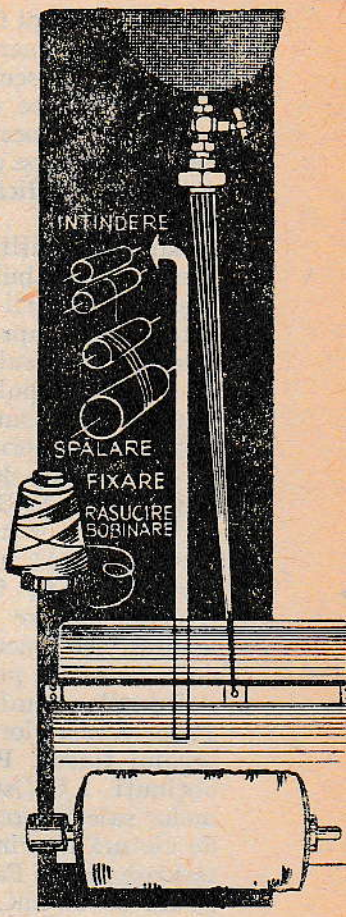
În anul 1935, Carothers izbutește să prepare în laborator macromolecule lungi, al căror schelet semăna cu cel al fibroinei din mătase. Trei ani după aceste lucrări de laborator, apare pe piață nailonul. Materiile prime ale nailonului erau: acidul adipic și hexametilendiamina. Un diacid și o diamină.

Încălzindu-se săruri ale acidului adipic cu hexametilen-1,4-diamină, se obține un produs macromolecular cu punct de topire destul de înalt și care, în stare topită, poate fi tras în fire rezistente. Prin răsucirea mai multor fire foarte subțiri, se obține o fibră asemănătoare ca însușiri cu mătasea naturală: termoizolantă, electroizolantă și ușor colorabilă.

S-au produs poliamide filabile din etilendiamină și acid sebacic, din tetraetilendiamină și acid adipic, din pentametilendiamină și acid malonic sau glutaric.

O diamină și un diacid, policondensați.

Relonul romînesc cuprinde și el punțile poliamidice: — CO — NH —. El nu este însă un produs de policondensare, ci de polimerizare. Se polimerizează caprolactama. La prepararea acesteia se pornește de la fenol (fenolul se produce astăzi în țară la Combinatul chimic — Făgăraș din benzen; Uzina de cauciuc sintetic și produse petrochimice de la Borzești va produce fenol, prin sinteză, din produse petrolifere: propilenă și benzen). Despre rezistența, frumusețea și posibilitățile de utilizare a fibrelor de relon vorbesc articolele produse de industria

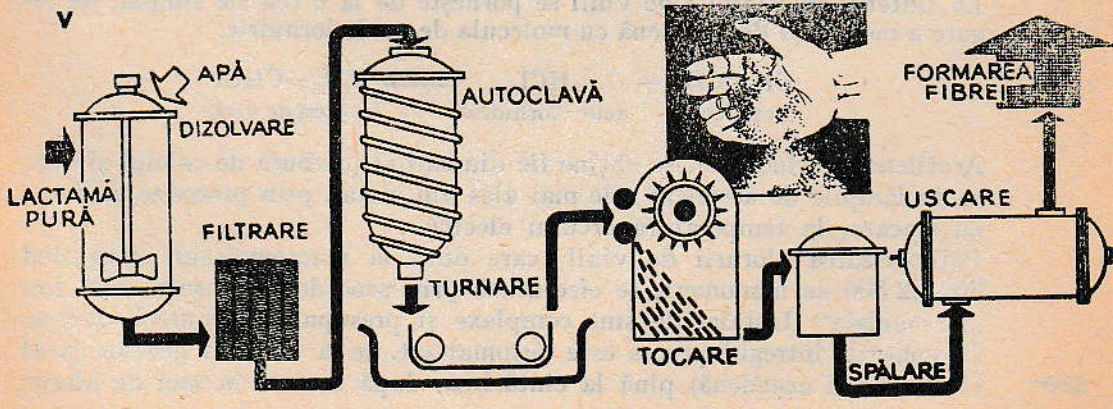


De la lactamă la fibre poliamidice

A

Prelucrarea fibrelor

V



noastră. Ciorapi fini, cămăși, imitații de blănuri rezistente, suple, în cele mai diferite nuanțe, odgoane marinărești, haine de protecție contra apei, articole de pescuit, pînze pentru vase pescărești, cord pentru anvelope — lista articolelor este în creștere continuă. Săvineștii, cetatea relonului, a devenit o localitate cunoscută în toată țara.

Se produc de pe acum milioane de metri pătrați țesături din relon și rolan (fibră polivinilică). În 1965, vom avea o producție de 13 000 de tone relon și rolan.

Rolanul... vinilinul... denumiri romînești, care pătrund cu sprinteneala noului în vocabularul obișnuit. Materiale romînești produse în uzine romînești din materii prime care se risipeau altădată ca fumul.

Cîteva cifre cuprind în ele o istorie. Începutul s-a făcut într-o instalație-pilot a Institutului de cercetări chimice din București. Cîteva zeci de tone de clorură de polivinil. S-a trecut apoi la o instalație cu producție de 500 tone pe an la combinatul chimic „Karl Marx". În 1959 a intrat în funcțiune o fabrică de clorură de polivinil în cadrul marilor uzine chimice Turda, cu o capacitate de 5 500 tone pe an. Apoi o nouă fabrică de clorură de polivinil (CPV), la Borzești, cu o capacitate de 36 000 de tone pe an.

În 1965 se vor produce 10 000 tone de fir rolan la Săvinești.

Materia primă de bază pentru clorura de polivinil și rolan — metanul, care alimenta în timpul regimului burghezo-moșieresc inutile focuri nestinse și care circulă azi prin conductele magistralelor, pus să alimenteze cu energie gigantice instalații de forță, supus transformărilor chimice care-l prefac în acetilenă, substanță de pornire pentru fabricarea polimerilor vinilici.

Proprietatea clorurii de vinil de a se polimeriza a fost observată încă din secolul trecut. Pe atunci, nimeni nu se gîndea la utilizarea polimerilor obținuți. I.I. Ostromîslenski a căutat între 1912—1914, cu prilejul primelor sale încercări de a obține cauciuc sintetic, să folosească și polimeri de clorură de vinil. Reacțiile studiate de Ostromîslenski și cercetările anterioare ale lui Favorski au stat la baza chimiei polimerilor vinilici.

Acum 30 de ani, procedeele de prelucrare a policlorurii de vinil — și în general a polimerilor vinilici — erau încă insuficient de rentabile. Astăzi ar părea tot atît de curios să te gîndești la absența polimerilor vinilici din rîndul materialelor uzuale, cum ar fi să-ți imaginezi absența hîrtiei sau a altui material intrat de veacuri în folosința omenirii.

La sintetizarea clorurii de vinil se pornește de la o reacție simplă, de legare a moleculei de acetilenă cu molecula de acid clorhidric.

$$\underset{\text{acetilenă}}{CH{\equiv}CH} + \underset{\text{acid clorhidric}}{HCl} \longrightarrow \underset{\text{clorură de vinil}}{CH_2{=}CHCl}$$

Acetilena, la rîndul ei, se obține fie din carbid (carbură de calciu) și apă, ca în lămpile de acetilenă, fie mai ales din metan prin procedee moderne de cracare, la temperatura arcului electric.

Polimerizarea clorurii de vinil, care duce la macromolecule conținînd 300...2 500 de monomeri, se efectuează prin procedeul „în suspensie" sau „în emulsie". Instalațiile sînt complexe și presupun un control riguros. În general, întregul proces este automatizat, de la intrarea gazelor (acid clorhidric și acetilenă) pînă la cîntărirea, după uscare, în saci de hîrtie.

Clorura de polivinil pură este transparentă, incoloră, fără miros, fără gust, neinflamabilă. Nu are nici o acțiune vătămătoare asupra organismului. Se înmoaie la temperaturi mai mari de 70°C; este termoplastică la 130...140°C. Prelucrarea clorurii de polivinil se face la cald, în valțuri, calandre, mașini de extrudere, fie neamestecată, fie în amestec cu materiale de umplutură, coloranți și plastifianți, care dau materialului duritatea, opacitatea sau culoarea dorită.

Fabrica de mase plastice București produce astăzi o gamă variată de obiecte din policlorură de vinil. Este greu să mai descoperi un colț de țară, un sat oricît de depărtat, în care să nu fi pătruns produsele din CPV.

Material electroizolant, piele artificială, covoare și pardoseli, foi transparente pentru ambalaj, haine de ploaie, pungi, butelii, plase — toate acestea se fabrică din CPV și lista s-ar putea lungi la nesfîrșit.

Grupa vinilică din clorură de vinil se mai întîlnește și în moleculele de acetat de vinil, în vinil-benzen (stiren) și în vinil-nitril (nitrilul acril). Polimerii simpli de tipul CPV nu sînt singurii polimeri vinilici. Prin „copolimerizare" cu acetat de vinil sau cu nitril acetic, se obțin alte tipuri de materiale interesante, dintre care înlocuitorul romînesc de lînă, rolanul, fibră polivinilică rezistentă la umiditate, la agenți chimici, insecte și microorganisme.

Metanul se transformă în relon și rolan, în mătase și lînă, în îmbrăcăminte elegantă și trainică.

Din șirul lung al maselor plastice, care cuprinde poliesterii[1], polimetacrilați, poliizocianați, să mai amintim doar grupa polietilenelor și a polisiloxanilor, polimeri relativ noi, dar care au cucerit într-un ritm unic domenii largi de utilizare. În anul 1958 s-au produs în lume peste 500 000 de tone de polietilenă. Un singur kilogram de polietilenă poate da un film subțire, care acoperă 450 000 cm².

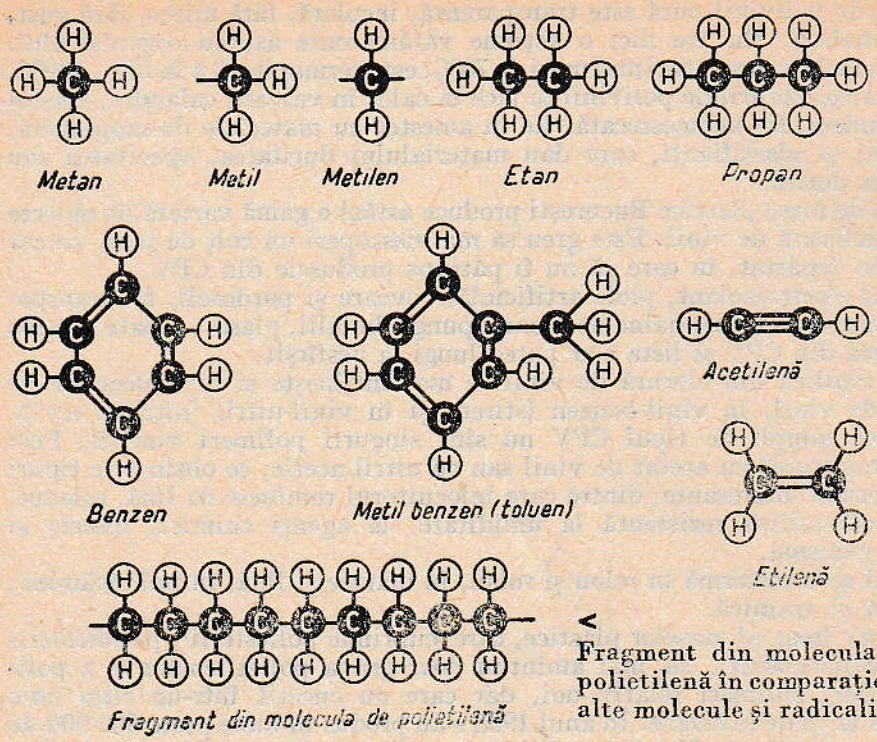
Molecula polietilenei este un lanț lung de grupe metilenice ($-CH_2-$), care se repetă de mii de ori.

Începutul modest al industriei polietilenei[2] se găsește într-o lucrare a doi cercetători englezi, care lucrau în laboratoarele trustului „I.C.I."

Era în anul 1933. Experimentatorii încercau să activeze unele reacții chimice prin presiuni înalte. Lucrînd cu etilenă și benzaldehidă la temperaturi de 200°C și presiune de 1 500 atmosfere, au observat că pe lîngă benzaldehida rămasă netransformată apărea în reactor un produs cu aspect de ceară, alb și dens. Deoarece constataseră că instalația n-a fost perfect etanșă și pătrundea astfel în mediul de reacție aer atmosferic, experimentatorii au reluat experiențele după ce s-au asigurat de perfecta etanșeitate a instalației. Încercările efectuate nu mai dădeau nici un rezultat. Au trecut 5 ani pînă să se stabilească rolul oxigenului în această reacție de polimerizare a etenei. Urmele de oxigen catalizau reacția. Cercetarea condițiilor de lucru a pus probleme dificile. O concentrație de oxigen mai mare de 0,2% ducea la o desfășurare violentă și necontrolabilă a reacției — deoarece nu

[1] Din poliesteri (produși prin policondensarea etilen-glicolului și a acidului tereftalic, produși pornind de la etenă și paraxilen) se fabrică fire înlocuitoare de lînă (tergal, terilenă, trevira, dacron, în alte țări, teran în R.P.R.). Preparată în anul 1941, terilena — prima fibră poliesterică — a putut fi pusă în fabricație în anul 1951.

[2] Denumirea corectă: polietenă.



Fragment din molecula de polietilenă în comparație cu alte molecule și radicali

era posibilă preluarea căldurii și menținerea temperaturii. Reacția cerea o etenă foarte pură (99,8%), iar randamentul era neeconomic (circa 25%). S-au pornit cercetări în direcția găsirii unor procedee mai economice; s-au examinat mijloacele de preluare rapidă a căldurii de reacție și s-au căutat catalizatori potriviți pentru mărirea vitezei de reacție la temperaturi și presiuni mai mici.

Procedeul de înaltă presiune s-a transformat în procedeu de înaltă presiune „în emulsie".

În anul 1955, profesorul K. Ziegler a descoperit catalizatorii care rezolvau problema presiunii, inventînd astfel procedeul de presiune joasă. Catalizatorii brevetați de Ziegler erau trietil-aluminiu în prezență de tetraclorură de titan. Temperatura necesară: 70°C. Randamentul obținut: 95...96%. Cercetările teoretice determinate de aceste interesante procedee industriale, efectuate de profesorul italian G. Natta în 1958, conchideau la așa-numitul efect stereospecific al catalizatorilor speciali folosiți de Ziegler. Este vorba despre efectul de orientare spațială a polimerizării, care duce la înlănțuirea liniară a merilor. Autorul procedeului indica drept catalizator posibil și alți compuși organometalici ai metalelor din grupa a doua și a treia a sistemului periodic. În locul clorurii de litiu se indica posibilitatea folosirii clorurii de zirconiu, hafniu, vanadiu, niobiu, tantal, molibden și wolfram. Modificînd raportul cantitativ dintre catalizatorul organometalic și clorura de metal, se obțineau polimeri de diferite greutăți moleculare, de la 10 000 pînă la 3 000 000.

Acad. prof. C.D. Nenițescu, pornind de la o concepție originală asupra mecanismului acestei reacții — concepție deosebită de cea imaginată de Natta și Ziegler — a propus o variantă nouă a procedeului Ziegler. Adevăratul catalizator, după concepția acad. Nenițescu, este un compus organic, clorurat al titanului, compus rezultat din reacția dintre clorura de titan și derivatul organic al aluminiului. S-au încercat, pe baza acestei concepții, alți catalizatori decît derivatul organic al aluminiului, în stare să furnizeze titanului radicalii organici. S-au obținut rezultate foarte bune cu amil-sodiu.
Mecanismul reacției propus de acad. Nenițescu (mecanism radicalic) este azi adoptat și de alți cercetători din diferite țări și folosit frecvent la interpretarea reacției de polimerizare a etilenei.
Se încearcă astăzi noi căi de cataliză, folosind raze alfa, beta și X, neutroni și particule accelerate.
În anul 1939, s-a dat cea dintîi utilizare polietilenei: înlocuirea izolantului gutapercă la cablurile submarine. La instalarea primului cablu telefonic suboceanic s-a folosit tot polietilenă. Utilizările au cuprins domenii largi. Chimicalele, produsele alimentare, confecțiile textile se ambalează în pungi elegante de polietilenă; se transportă în saci imenși de polietilenă, care cîntăresc doar cîteva kilograme, gaze de sondă combustibile; se căptușesc bazine, șanțuri de irigație și budane de vin, cu filtru de polietilenă; snopii și girezile pot fi apărate de ploaie cu ajutorul polietilenei; sere, izolații pentru fundații, conducte de diametre mari și mici, obiecte casnice, materiale de chirurgie, recipienți, fibre pentru corzi se construiesc sau se confecționează din polietilenă.
Sub numele comercial de alcaten, afcolen, hostalen în formă de granule sferice sau cilindrice, colorate sau albe, polietilenele, în saci de polietilenă, formează materialul de prelucrare în mașini de extrudere și presare. Prin orificiile mașinilor, lucrînd la cald sub presiunea unui gaz inert, ies tuburi lungi de diametre comandate. În alte mașini, formele se umplu automat cu polietilenă lichidă și apoi, prin răcire, se obțin obiecte de formele cele mai variate.
Polietilenele sînt, în fond, niște hidrocarburi cu un număr uriaș de atomi de carbon. Simpla creștere a numărului de radicali transformă etena gazoasă în polietenă solidă, cu infinite posibilități de utilizare. Cantitatea se preface în calitate.
Alături de polietene, au apărut polipropilenele, cu substanță de pornire propilenă, hidrocarbură cu trei atomi de carbon; au apărut polibutenele și copolimeri de polietenă și propilenă, polietenă și polibutenă etc.

Polimeri organici cu siliciu și fluor

Sînt douăzeci de ani de cînd și-a făcut intrarea în tehnică familia polisiloxanilor, cunoscuți sub denumirea comercială de siliconi.
Molecule lanț, formate din șiruri lungi de siliciu alternînd cu oxigen, fiecare atom de siliciu avînd cîte două valențe ocupate de doi radicali organici: metil sau etil sau fenil.

Lungimea lanțurilor polisiloxanice poate merge pînă la mii și zeci de mii de meri, greutatea moleculară putînd ajunge astfel de ordinul milionului. Siliciu, carbon, oxigen și hidrogen, acești patru atomi îmbinați în structura siloxanică dau una dintre cele mai interesante clase de polimeri. Ei asociază proprietățile neorganice datorite atomului de siliciu și oxigen cu cele organice ale radicalilor formați din carbon și hidrogen. Această îmbinare între organic și anorganic duce la proprietățile deosebite ale polisiloxanilor, rezistenți pînă la temperaturi de 300°C, plastici sau elastici, nemiscibili cu apa, perfect transparenți.

Dacă privești lanțul lor principal, ai în față o îmbinare de molecule de bioxid de siliciu, constituent al cleștarului și nisipului. Radicalii, de o parte și alta a lanțului, sînt resturi de hidrocarburi; deci, nisip și hidrocarburi îmbinate într-o moleculă imensă...

Începutul chimiei compușilor organici, conținînd în molecula lor siliciu, se găsește în lucrările vechi ale lui Berzelius. Acesta a preparat din siliciul obținut prin electroliza fluorosiliciurii de potasiu (K_2SiF_6), *tetraclorură de siliciu*, substanță intermediară în prepararea siliconilor, fără să bănuiască, desigur, destinul acestui corp.

În anul 1830, chimistul francez Jean François Persoz, tratînd „clorura de siliciu" cu amoniac, obține un solid alb, termorezistent. Nu dă acestei substanțe o atenție prea mare.

Cu 15 ani mai tîrziu, francezul Jacques Ebelman tratează acest solid alb cu alcool etilic. Obține, cum era de așteptat, esterul silicic: silicatul de etil.

Wöhler prepară în 1863 din siliciu, carbon și acid clorhidric un compus de tipul cloroformului, siliciocloroformul ($SiHCl_3$). Prepară în același an siliciură de calciu ($SiCa_2$) și alți compuși, pe care nu izbutește să-i identifice. Wöhler sugerează analogia dintre compușii carbonului și ai siliciului. Această analogie este perfect justificată, dacă ținem seama de poziția siliciului în tabloul lui Mendeleev. El ocupă locul imediat sub carbon, în grupa a patra.

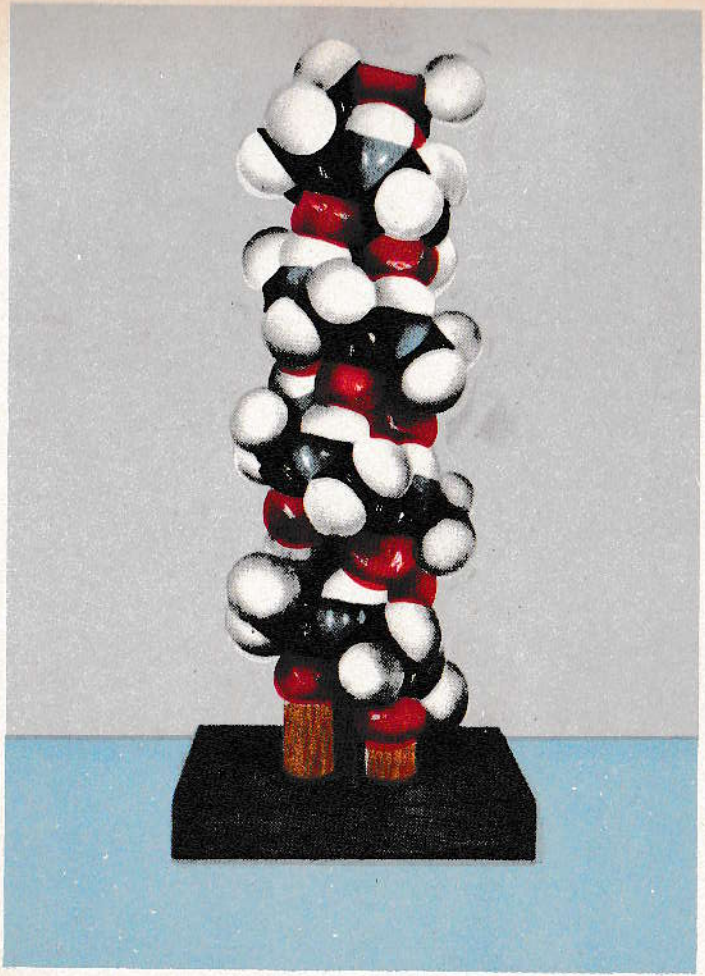
Între 1863—1866, Charles Friedel și James Crafts fac un pas hotărîtor în direcția încorporării siliciului în substanțe organice. Ei izbutesc să lege de siliciu în locul clorului — din compușii obținuți pînă atunci — radicalii organici.

În 1912, Alfred Stock din Breslau izbutește să prepare un compus al siliciului cu hidrogenul, de tipul metanului. Metanul are formula CH_4; silanul preparat de Stock: SiH_4. Cu aceasta începe studiul compușilor siliciului cu hidrogenul; se obțin, rînd pe rînd, analogi ai hidrocarburilor: disilanul (analog al etanului), trisilanul (analog al propanului), tetrasilanul etc. Primii doi termeni ai acestei serii sînt gaze, următorii lichizi, la temperatura ordinară.

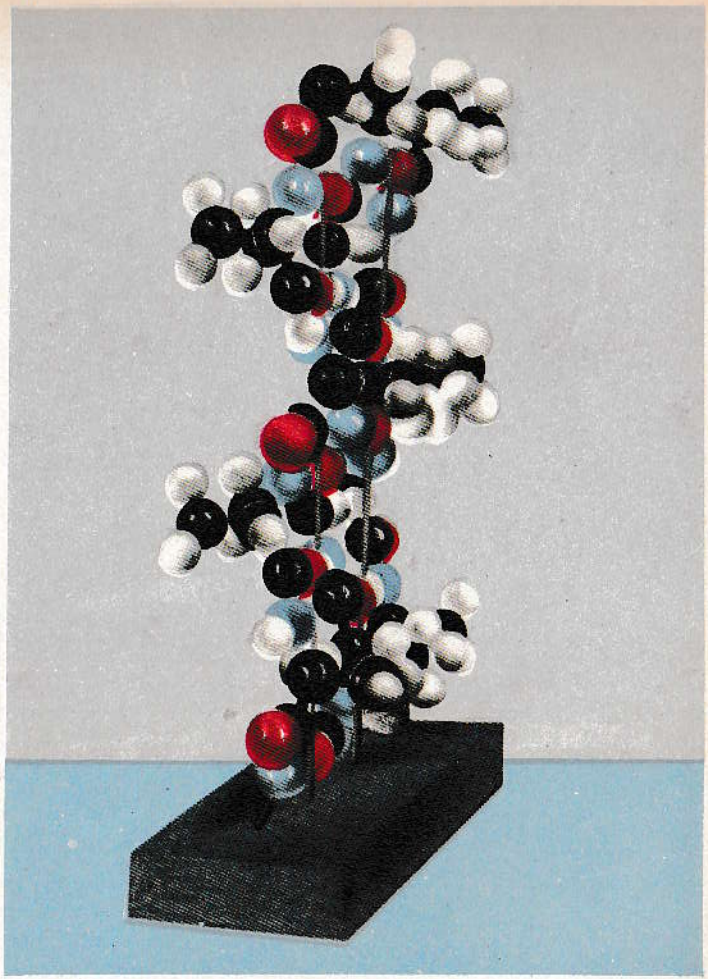
Concomitent cu Alfred Stock, lucrează asupra combinațiilor de siliciu F.S. Kipping și colaboratorii lui în Anglia. Timp de 40 de ani (1900—1940) se succed lucrările lui Kipping. El cercetează analogiile dintre compușii siliciului și ai carbonului, determină constantele lor fizice, interpretează structura lor, dar nu întrevede vreo aplicație practică a combinațiilor obținute.

În 1930 încep cercetările sovietice asupra compușilor organosilicici. La Institutul Mendeleev din Moscova, K.A. Andrianov și colaboratorii săi

a



b



a : Modelul unui fragment din molecula unui polipeptid în elice.

b : Modelul structurii unei fibre de mătase.

publică lucrări asupra acestor compuși. Ei demonstrează valoarea industrială a produșilor organo-silicici.

Abia în anul 1940 începe producția semiindustrială de compuși organo-silicici în lume. Cîțiva ani după aceea, și mai ales după ultimul război, a pornit producția industrială, în masă, a acestor produși cunoscuți sub numele de siliconi.

Se pornește de la nisip, cărbune și clor. Se obțin produși intermediari, clorsilanii, din care se prepară alcoolii siliciului, silanolii.

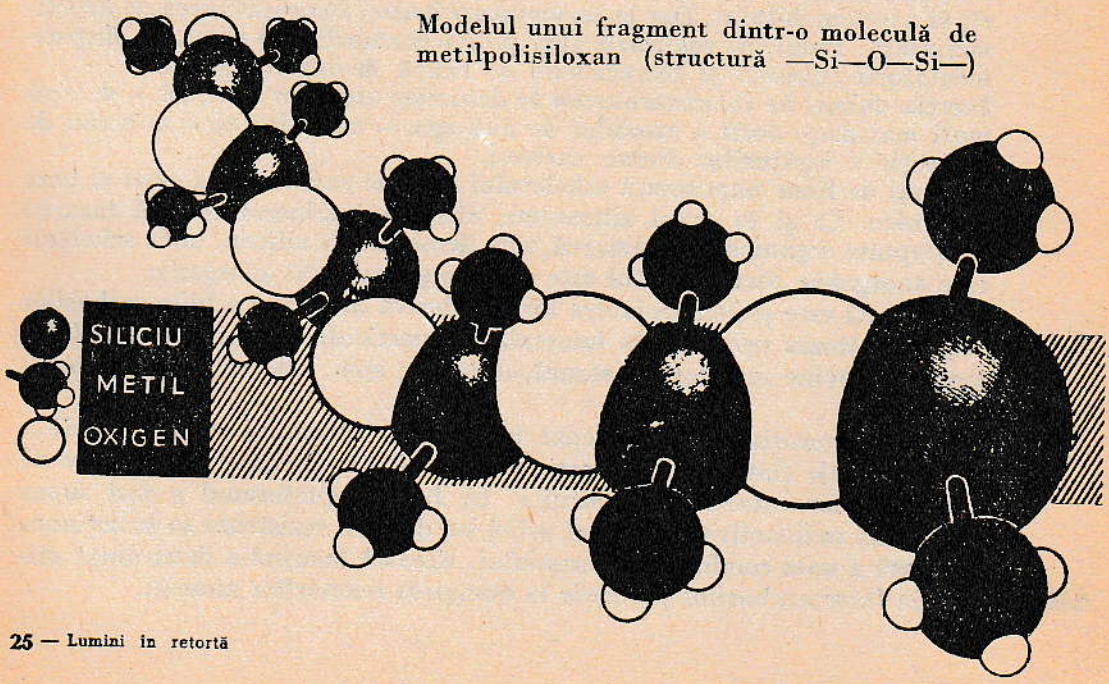
Condensarea silanolilor duce la acele molecule lungi, cu repetarea monotonă a punții — Si — O — Si —.

Procedeele industriale folosesc diferiți promotori de reacție, catalizatori, regimuri termice speciale. Se obțin trei clase de siliconi diferiți: lichide vîscoase, rășini și cauciuc siliconic. Aceste clase de substanțe pătrund în industrii și gospodărie; ele ocupă de pe acum un loc respectabil în industria electrotehnică, acoperă ca un film de finețe inegalabilă fire textile și sticlă, respingînd apa și protejînd substratul; devin indispensabile în industria metalurgică, chimică; contribuie la mărirea de zeci de ori a puterii motoarelor, acoperă cu lacuri splendide coșuri de uzină, pereții camerelor; se folosesc la lustruirea perfectă a autovehiculelor; izolează, impermeabilizează.

Cauciucul polisiloxanic nu are aceeași elasticitate ca cel natural, dar rezistă la temperaturi la care concurentul său hidrocarbonic nu rezistă.

Uleiurile siliconice pot avea viscozități începînd de la aceea a apei pînă la aceea a bitumului. Variația viscozității cu temperatura este de cîteva ori mai mică decît la uleiurile minerale. Aceasta înseamnă posibilitatea folosirii lor ca lubrifianți ideali.

Nu se dizolvă în apă și nici în obișnuiții solvenți organici. Resping apa, cu care nu se pot amesteca.



Modelul unui fragment dintr-o moleculă de metilpolisiloxan (structură —Si—O—Si—)

Toate aceste însușiri și multe altele izvorîte din caracterul de hibrizi organici-anorganici fac din siliconi o clasă nouă, deosebit de interesantă, de materiale.

O familie mai tînără decît a siliconilor, intrată în lumea tehnicii noi abia de 15—16 ani: *fluorocarburile*.

Aceste substanțe sînt surorile chimice ale hidrocarburilor, de care se deosebesc doar prin aceea că locul hidrogenilor îl ocupă atomii de fluor.

Berzelius ar fi avut motive să fie mult mai uimit decît în fața experiențelor lui Dumas, care înlocuia în ceară hidrogenul „eminamente" electropozitiv prin clorul „eminamente" electronegativ. Fluorocarburile sînt o clasă de substanțe, în care toți atomii de hidrogen sînt înlocuiți prin atomi de fluor, element mai electronegativ decît clorul.

Simpla înlocuire a hidrogenului cu fluor schimbă radical proprietățile hidrocarburilor. Hidrocarburile ard; fluorocarburile nu ard, nu se descompun sub acțiunea reactivilor care distrug hidrocarburile, nu putrezesc, nu se oxidează. Nici ciupercile, nici insectele, nici rozătoarele nu le pot folosi ca hrană.

Uleiurile, mobila, draperiile fabricate din fluorocarburi sînt rezistente la atacul celor mai drastici reactivi, sînt neinflamabile, neatacabile de dăunători, neputrescibile.

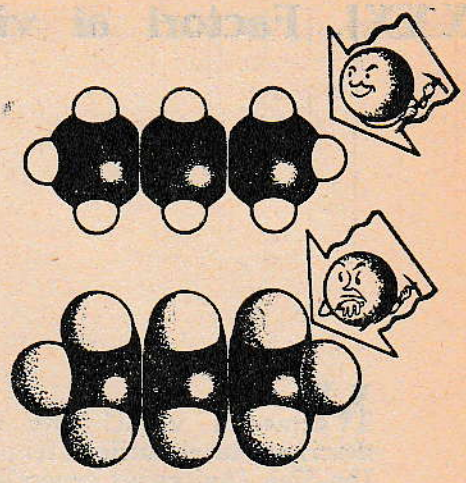
Minunați izolatori, fluorocarburile suportă temperaturi înalte. Ele pot astfel îndeplini în mod ideal funcția de ulei de transformatori, de izolatori pentru condensatori, de dielectrici gazoși în tuburile de înaltă tensiune. De pe acum fluorocarburile se folosesc, datorită însușirilor lor de a nu adera la suprafața unor corpuri, de pildă aluatul, pentru acoperirea formelor metalice în care se coace pîinea sau ca substanțe lavante și ca adaosuri la băile de cromaj. Mai interesanți, din punct de vedere practic decît fluorocarburile simple, sînt polimerii fluorocarburilor. Anvelopele din cauciuc fluorocarbonic, de pildă, ar avea o durată de funcționare tot atît de mare cît și a automobilului. Dar la temperaturi înalte, fluoropolimerii se depolimerizează. Problema realizării unor polimeri stabili este deschisă. Experimentatorii chimiști și teoreticienii se ocupă de rezolvarea ei.

Inerția chimică a fluorocarburilor se datorește atomilor de fluor — de rază mult mai mare decît a atomilor de hidrogen — care alcătuiesc un ecran de protecție a legăturilor dintre carboni.

Ecranul de fluor împrumută scheletului organic rezistență la acizi și baze puternice. Ca și în cazul siliconilor, elementul mineral conferă însușiri neașteptate organicului; numai că, spre deosebire de silicon, unde scheletul este anorganic, aici scheletul este organic și învelișul anorganic.

Interesantă este și nomenclatura lor. Ea derivă din aceea a hidrocarburilor corespunzătoare prin simpla intercalare a particulei *for*. Astfel, de pildă: metanul devine metaforan; etanul, etaforan; eten, etforen; pentan, pentforan etc.

Istoria fluorocarburilor a început în preajma ultimului război mondial. După primele sinteze, s-a descoperit posibilitatea dirijării sintezei lor cu ajutorul unor catalizatori specifici. În 1941, heptaforanul a fost supus radiațiilor radioactive și cu acest prilej s-a dovedit rezistența sa la acțiunea radiantă a unei combinații a uraniului. Această însușire a determinat utilizarea fluorocarburilor polimere la etanșarea reactorilor atomici.



Modelul unei molecule de propan (sus) și fluorocarbura corespunzătoare (jos). Atomii de fluor ecranează catena de carboni față de acțiunea atomilor de oxigen

>

După război, s-au experimentat cele mai diferite metode de preparare sistematică a fluorocarburilor. Sinteza electrochimică și-a spus cuvîntul. Din compuși organici și acid clorhidric, fără a mai fi nevoie să se folosească fluor în stare de element, s-au putut prepara compuși fluorocarbonați în celule electrochimice de oțel, cu plăci de nichel foarte apropiate unele de altele ca electrozi. Curentul electric determină substituirea hidrogenilor din compușii organici cu fluor eliberînd hidrogenul. Mecanismul reacției nu este încă pe deplin lămurit, dar procedeul s-a dovedit a fi destul de economic. Fluorocarburile își ocupă locul meritat printre materialele sintetice ale veacului nostru, iar dacă astăzi polimerii fluorocarbonați nu sînt încă molecule-gigant, este neîndoios faptul că se vor găsi mijloacele de stabilizare a polimerilor cu fluor, de creare a unor materiale noi, inerte, izolante, rezistente, ignifuge, elastice sau plastice.

* * *

Am vorbit doar despre două elemente: siliciul și fluorul. Pătrunzînd în structura moleculelor organice, ele au determinat apariția unor familii de substanțe remarcabile prin însușirile lor. Alte zeci de elemente metalice și nemetalice fac obiectul unor experiențe care nu și-au spus încă cuvîntul hotărîtor. Este însă neîndoielnică apariția în deceniul nostru și în următoarele a unor noi familii de substanțe sintetice, în structura cărora atomii de carbon se vor înlănțui în moduri noi cu atomii celorlalte elemente, dînd substanțe cu însușiri care azi pot să pară încă de domeniul neverosimilului.

XXXI. Factori ai vieții

Miracolul vieții! Cîte minți luminate n-au obosit încercînd să-i descifreze înțelesurile! Cîți poeți nu i-au adus prinosul admirației!
Ibn-Sina (Avicenna) generalizează concepțiile epocii sale inventînd ideea unei forțe făuritoare de formă, pentru a „explica" mecanismul vieții plantelor și animalelor. În traducere latinească, această forță a căpătat numele de *vis plastica*. Ea a fost multă vreme socotită drept cauză a formei pietrelor, a organismelor vegetale și animale.
Filozofii și biologii idealiști din veacurile al XVII — XVIII-lea au formulat teoria lui *vis vitalis* (forță vitală) — o forță specială, de nesesizat, imaterială, căreia i-au atribuit înfăptuirea „minunii" mecanismului vieții, a reglării metabolismului, a luptei cu boala, a fermentației, a întăririi oaselor, a tuturor proceselor pe care le dezvăluie analiza vieții.
Chimiștii s-au apropiat de problemele biologice nu înarmați cu armele poetului sau ale vechiului filozof îngrădit de limitele înguste ale cunoașterii din vremea sa și nici cu concepțiile false ale idealiștilor, ci cu încercate unelte de lucru și cu puternica metodă a chimiei: experiența.

Vitaminele

După Liebig domnea între chimiști convingerea unanimă că pentru menținerea vieții sînt necesare: grăsimile, zaharurile, albuminele, apa și sărurile minerale. Pătrunzînd gata formate în organism, sau sintetizate în organisme, aceste substanțe păreau suficiente pentru furnizarea energiei biologice, pentru menținerea vieții și creșterea țesuturilor.
Gustav Bunge se ocupă, începînd din 1873, de rolul sărurilor minerale în alimentație și în dezvoltarea organismelor animale. El ajunge la concluzia rolului esențial pe care-l joacă sarea de bucătărie (clorura de sodiu) în organismul animal. Mai tîrziu, în 1885, el va încerca să separe combinațiile organice care conțin fier și intervin în alimentație. Pînă la sfîrșitul vieții, chimistul Bunge se va ocupa mereu de rolul substanțelor anorganice în nutriție.
Primele experiențe care dovedeau necesitatea sărurilor minerale în alimentație i se datoresc fiziologului Michael Foster din Cambridge, care făcuse

în 1873 niște experiențe pe cîini și porumbei. Rezultatele acestor lucrări ridicau un imens semn de întrebare. El alimenta animalele cu proteine, glucide și lipide, scoțînd însă din hrană substanțele minerale. Moartea intervenea mai repede decît în cazul inaniției totale. Bunge dădea o explicație pur chimică acestui fenomen. Din proteide — susținea el — se formează acid sulfuric, iar lipsa substanțelor alcaline anorganice din organism și deci imposibilitatea neutralizării acidului sulfuric ar fi cauza morții animalelor prin intoxicație cu acid sulfuric.

Ipoteza lui Bunge trebuia verificată. Aici intervine un elev al lui Bunge, Nikolai Ivanovici Lunin[1] (1853—1937).

Își dădea doctoratul pe lîngă catedra de fiziologie, de sub conducerea lui Gustav Bunge. Tema de tratat nu putea fi legată decît de rolul sărurilor minerale. Metoda aplicată de Lunin diferea de cea a profesorului său. El nu pornește pe calea bilanțului fizico-chimic, care consta în analiza chimică a substanțelor eliminate de organisme și în măsurarea cantității de căldură. Nu folosește drept subiecți ai cercetării animale mari și oameni. Metoda experimentală a lui Lunin era tipic biologică; animalele alese: șoareci. Lunin dovedise că șoarecii sînt mult mai sensibili decît alte animale la variațiile compoziției alimentelor.

Ideea centrală a experiențelor lui Lunin era: urmărirea efectelor biologice ale unei alimentații riguros controlate. Pentru evitarea unor efecte întîmplătoare, el stabilește drept elemente ale metodei:

— curățenia desăvîrșită a mediului de urmărire a animalelor,

— pregătirea cu precauții maxime a hranei, cu eliminarea cît mai deplină a substanțelor minerale.

Reproducerea riguroasă a condițiilor și urmărirea repetată a efectelor, precum și consemnarea lor strictă, sistematică, aveau să-l ducă pe Lunin la concluzii neașteptate.

Ca element esențial, Lunin administra un produs de coagulare preparat de el din lapte, după o metodă proprie, care îngăduia reducerea la cantități neglijabile a urmelor de substanțe minerale. El adăuga produsului coagulat (care conținea grăsimi și proteine) apă distilată și zahăr de trestie, cu urme neglijabile de substanțe minerale.

Cu astfel de hrană, toți cei 15 șoareci luați în experiență, ca serie martor, pieriră după un interval de timp variind între 11 și 21 zile.

Unei serii de 6 șoareci li se administră aceeași hrană, cu adaos de carbonat de sodiu (Na_2CO_3). Durata vieții se prelungi în acest caz de aprox. 1,5 ori.

Dacă se înlocuia carbonatul de sodiu cu sare de bucătărie, efectul de prelungire a duratei de viață nu se mai observa. Rezultatul părea să confirme ipoteza lui Bunge. Hidroliza carbonatului putea explica neutralizarea acidului sulfuric.

[1] Născut la Iuriev (Tartu), pe teritoriul R.S.S. Estone. În 1873 intră ca student la Facultatea de medicină din Tartu. Ia parte la războiul ruso-turc din 1877. Își susține, în 1880, teza de doctorat *Despre importanța sărurilor anorganice pentru nutriția animalelor* (în limba germană). Din 1880 și pînă la sfîrșitul vieții lucrează ca medic pediatru la Leningrad.

De aici încolo, cercetarea lui Lunin depășește problema pusă de Bunge. El își pune următoarea chestiune: carbonatul de sodiu prelungește, într-adevăr, durata vieții, dar faptul că alimentația preparată în laborator ducea, după un interval atît de scurt (maximum 36 zile), la moarte sigură, rămîne neexplicat. Care erau cauzele acestui fenomen?

El continuă experiențele, completînd de astă dată rețeta alimentară cu toți compușii anorganici ai laptelui, cunoscuți la acea perioadă, și în proporțiile în care se găseau în laptele natural. O serie de 6 șoareci, hrăniți cu acest lapte „integral" artificial, au pierit în intervalul de la a 20-a pînă la a 31-a zi după începerea experienței. Acest rezultat experimental răsturna datele fiziologiei contemporane lui Lunin, în privința cerințelor nutritive ale organismelor.

Intrigat, Lunin hrănește o nouă serie de 6 șoareci cu lapte integral natural și constată că după 75 zile, șoarecii continuau să trăiască și să crească în greutate.

Această nouă experiență îl conduce pe Lunin la concluzia că o hrană alcătuită exclusiv din apă, proteine, zaharuri, grăsimi și substanțe minerale nu este suficientă pentru întreținerea vieții. Trebuie să existe în alimentele naturale și alte substanțe strict indispensabile vieții decît cele identificate pînă atunci.

Descoperirea acestor factori și studiul rolului lor în alimentație reprezenta un adevărat program de cercetări. Teza lui Lunin indica această direcție de cercetare.

Lucrarea a fost publicată în revista „Zeitschrift für Physiologische Chemie" în 1881 și reprodusă în manualul lui Bunge din 1888. Era prima creionare a concepției despre existența și rolul unor „factori suplimentari" în alimentație. Era preludiul chimiei vitaminelor.

Metoda experimentală a lui Lunin a intrat în arsenalul fiziologilor și medicilor cercetători. Primul deceniu al veacului nostru a adus confirmări noi și completări interesante în problema „factorilor auxiliari" activi. Cercetători din alte țări reiau experiențele lui Lunin și confirmă rezultatele acestuia. În 1909, J. Stepp hrănește șoareci cu pîine (din care extrăgea grăsimile prin extracție cu eter sau alcool) și lapte uscat. Animalele pier.

Între 1906 și 1916, se desfășoară experiențele lui Hopkins. Un prim lot de animale este hrănit cu amidon, cazeină, zahăr, untură, substanțe minerale. Un al doilea primește aceeași rație zilnică și în plus: trei mililitri de lapte nefiert.

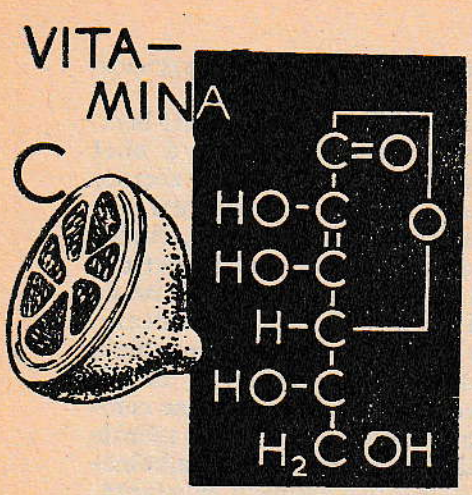
Primul lot de animale piere în condițiile cunoscute. Al doilea se dezvoltă în condiții bune.

În a 18-a zi a experienței, se schimbă rațiile celor vii. Li se reduce laptele nefiert. Rezultatul inevitabil se produce. Al doilea lot de șoareci piere și el. Viața șoarecilor depindea de cei trei mililitri de lapte. Hopkins demonstrează astfel că în laptele nefiert se găsesc „factorii accesorii ai alimentației". Polonezul K. Funk va numi acești factori: vitamine, pornind de la ideea că substanțele sînt de tip aminic. Clasele de substanțe accesorii necesare vieții, descoperite mai tîrziu, s-au dovedit a fi și de alt tip decît aminele, dar cuvîntul a rămas, pătrunzînd în chimia biologică, în medicină, farmacologie. Azi, el apare în reclamele conservelor și altor produse alimentare; el a devenit tot atît de obișnuit ca și cuvîntul zahăr sau pîine. Fapte și observații noi s-au alăturat experiențelor sistematice. Întîmplări

care și-au găsit semnificația în acest fond de idei cucerit prin experiențe migăloase, desfășurate pe o perioadă de 30 de ani.
La popoarele care consumă orez, se întîlnește o boală cruntă: beri-beri. Oamenii bolnavi de beri-beri se împleticesc în mers, ca urmare a unei paralizii a mușchilor și a unor tulburări nervoase. Moartea seceră zeci de mii de oameni bolnavi de beri-beri. Eijkman[1], doctor al închisorii din Iava (1897), observa adesea, privind prin fereastra cabinetului său, curtea închisorii în care se creșteau păsări hrănite cu resturi de la masa deținuților. Atenția lui Eijkman fu atrasă de faptul că multe găini erau lovite de o boală curioasă. Se împleticeau în mers și pierdeau pofta de mîncare. El făcu o asociație de idei între boala găinilor și beri-beri și trase concluzia că și găinile se îmbolnăveau de beri-beri. Cercetînd cu atenție, zi de zi, condițiile de viață ale păsărilor de curte, el constată că hrana lor se compunea din resturi de orez decorticat. Dar el mai observă un lucru: găinile care se hrăneau cu orez nedecorticat sau cu tărîțe de orez nu se îmbolnăveau de beri-beri. Va să zică, în coaja de orez se găsește o anumită substanță, a cărei lipsă din alimentație produce beri-beri. Această presupunere a fost confirmată în 1911, cînd savantul polonez Funk obține, prin extragerea cu alcool din coajă de orez, o substanță cristalină cu efect minunat în tratarea bolii beri-beri.

Experiențe sistematice au urmat în al doilea și al treilea deceniu al secolului nostru. Ele continuă și astăzi, transformîndu-se în lucrări de sinteză a vitaminelor.
În anii 1912—1913, mai multe colective de cercetători fac experiențe sistematice pe șobolani tineri. Îi alimentează cu dextrină, lactoză, albumină (cazeină), săruri minerale și agar-agar. După 10—15 zile, șobolanii încetează să crească; greutatea lor rămîne staționară, apoi începe să scadă brusc. Moartea survine după 30—40 de zile. Către cea de-a 20-a zi, apar leziuni la ochi, caracteristice bolii cunoscute sub numele de xeroftalmie. Modificînd regimul alimentar al șobolanilor, prin adăugare de unt sau de extract eteric din gălbenuș de ou, cercetătorii constată că animalele trăiesc și se comportă normal. Înlocuind untul cu untdelemnul, survenea moartea. S-a strîns astfel, încetul cu încetul, cercul în jurul substanțelor care conțin vitamina „antixeroftalmică". Este o vitamină liposolubilă (solubilă în grăsimi). În anul 1919, se descoperă că avitaminoza A poate fi vindecată și cu material vegetal, proaspăt și verde.
Vitamina A a fost izolată, s-a stabilit structura ei de alcool, apoi existența cîtorva tipuri de vitamina A, toate fiind niște alcooli nesaturați. Și, în sfîrșit, între 1935—1937 s-a realizat sinteza chimică a vitaminei A.
Între timp, experiențele pe șoareci continuau. Se constată că lactoza pură, folosită în regimul alimentar al șobolanilor, duce la accidente nervoase, la hipotermie și moarte după 30—35 de zile. Lactoza ordinară, nepurificată, nu avea aceste efecte patologice. Pe baza observației lui Eijkman, se încearcă embrionii grăuntelui de grîu, extractul apos de embrioni de grîu, drojdia de bere, cojile de orez. Cercetătorii ajung astfel la concluzia că „factorul A" nu este suficient ca factor accesoriu. În lactoza nepurificată se găsea, așadar, o substanță accesorie, diferită de „factorul A", solubilă în apă și insolubilă în grăsimi. A fost numită „factorul B". Cînd

[1] Medic olandez. Premiul Nobel 1929.



s-a stabilit că factorul B este identic cu vitamina lui Funk, el fu numit vitamina B. Cercetările ulterioare au dovedit existența mai multor vitamine din grupa A. În 1952, s-a stabilit, prin sinteză, structura vitaminei A_2, care este o 3,4 dehidrovitamină A. A fost descoperită în 1937, la Institutul unional de cercetări asupra vitaminelor, din U.R.S.S. Ea se fabrică azi industrial.

S-au descoperit, rînd pe rînd, în „factorul B", o serie de substanțe active, diferite ca structură și compoziție, diferite ca efect asupra organismului. Au fost identificate, pe rînd, vitamina B_1, B_2, B_3, ... B_6.

Se cunosc azi mai multe vitamine B_6, diferite ca structură și compoziție chimică. Complexitatea structurii unora dintre vitaminele din marele grup al „factorului B" a impus folosirea celor mai moderne metode de analiză și calcul. Analiza roentgenografică și „creierii" electronici au intrat în acțiune.

Pentru a depista cauza scorbutului care lovea pe marinarii norvegieni de cursă lungă, Hobst și A. Fröhlich au efectuat experiențe pe cobai.

Boala era cunoscută de mult. Informații despre ea provin încă din secolul al XIII-lea. În cetăți asediate, pe timp de foamete, pe corăbii mureau oameni loviți de scorbut. În anul 1849 au fost înregistrate, în 16 gubernii ale Rusiei țariste, 260 000 cazuri de scorbut și, printre ele, 60 900 cazuri mortale. În timpul primului război mondial, au murit de scorbut prizonieri în lagăre și soldați pe front. În lagărele hitleriste ale morții, călăii SS-iști foloseau, între alte mijloace de exterminare, scorbutul și beri-beri. Hobst și Fröhlich au administrat cobailor luați în experiență o alimentație normală, cu excluderea legumelor proaspete. Cobaii primeau vitamine liposolubile (în grăsimi naturale) și vitaminele existente în drojdia de bere. La începutul experienței, cobaii se hrăneau normal și aveau poftă de mîncare. Către cea de-a zecea zi, animalele începeau să se agite anormal, scoțînd țipete la atingere. Reacțiile anormale se accentuau în zilele următoare. Animalele se strîngeau ghem, li se rărea părul, scădeau în greutate. Urma faza de diaree sangvinolentă, căderea dinților, imobilitate, caşexie[1]. Animalele mureau după 30 de zile. Autopsia descoperea leziuni hemoragice la nivelul articulațiilor membrelor posterioare.

Era de ajuns să se introducă, în hrana unui animal din loturile supuse experienței, cîțiva mililitri de suc de portocale sau lămîie, pentru a face să dispară semnele bolii.

Experimentatorii au pus astfel în evidență existența unui factor solubil în apă, prezent în legume proaspete și fructe, cu efect antiscorbutic, căruia i s-a dat numele de vitamină C.

[1] Slăbire extremă.

În 1928 obține vitamină C, în formă cristalină, cercetătorul maghiar Szent-Györgyi [1].
Au urmat cercetări sistematice pentru demonstrarea structurii chimice a vitaminei C. S-a realizat, pe diferite căi, între 1934—1937, sinteza acestei substanțe active, care s-a dovedit a fi acidul ascorbic, derivat al glucozei. Astăzi, vitamina C se produce în cantități masive, pornindu-se de la glucoza obținută din amidonul de porumb. Din 2,5 kg de glucoză, se obține 1 kg de acid ascorbic.
Sinteza acidului ascorbic a intrat în rîndul obișnuitelor sinteze organice. Se pun problemele curente de creștere a randamentului și vitezei de reacție prin alegerea unor catalizatori potriviți, a unui regim termic corespunzător, prin automatizarea procesului.
Este demn de notat faptul că organismul șobolanilor și porumbeilor sintetizează acid ascorbic. Dacă în locul cobailor — al căror organism, ca și al omului, nu este adaptat la sinteza vitaminei C — s-ar fi ales în experiențele inițiale șobolani sau porumbei, descoperirea vitaminei C ar fi întîrziat mult.
Succesele în cercetarea factorilor auxiliari au stimulat noi căutări. Chiar în 1917, după primele experiențe izbutite, în legătură cu beri-beri și scorbutul, J. Mellamby cercetează problema rahitismului, concepîndu-l ca pe o boală datorită lipsei din alimentație a unor „factori auxiliari", deci ca pe o avitaminoză. El folosește, ca animale de experiență, cîini. Se cunoștea regimul alimentar care ducea, de obicei, la rahitism și la fel se cunoștea de mult efectul curativ al unturii de pește (extras din ficatul de morua). Cercetătorul obținea rahitism la cîini și vindeca acest rahitism experimental cu extractul de morua. Untul n-avea efect curativ. Mellamby punea efectul curativ al extractului gras pe seama „factorului A".
Concluzia era neîntemeiată.
F.G. Hopkins (care presupunea încă din 1906 legătura dintre rahitism și alimentație) făcuse unele experiențe de provocare a rahitismului la găini. MacCollum, Hopkins și alți cercetători au demonstrat experimental că un regim bogat în vitamina A, dar sărac în fosfor și bogat în calciu, sau invers, producea tulburări de osificație la șobolanii tineri. Efectele dispăreau la clasicul tratament cu untură de pește. Datorită slabei rezistențe a vitaminei A la căldură și la acțiunea oxigenului, s-a putut pune în evidență existența vitaminei D în untura de pește. Tratîndu-se cu aer untura de pește, vitamina A se descompunea. Rămînea activă vitamina D.
În 1936, Brockmann izbutește să izoleze una din vitaminele D, cunoscută sub numele de D_3.
Observația că rahitismul uman, „maladia engleză", se vindecă prin iradiere cu ultraviolete a determinat cercetarea experimentală a legăturii dintre vitaminele D și ultraviolete. Așa s-a ajuns să se descopere existența în organisme și alimente a unei substanțe care se transformă în vitamină D sub influența razelor ultraviolete. A fost numită provitamină D, așa cum carotenul din morcovi se numește provitamină A.
Calciferolul (Vitamina D_2) și colecalciferolul (Vitamina D_3) au pus cercetătorului probleme grele în legătură cu stabilirea structurii. Ca întotdeauna,

[1] Biochimist, cercetător în domeniul vitaminelor și creator al unor teorii noi cu privire la schimburile energetice în organisme. A primit Premiul Nobel pe 1937.

au intervenit, și în acest caz determinările roentgenografice și spectrofotometrice.
S-au realizat unele sinteze parțiale, dar problema este încă deschisă.
Seria cercetărilor pentru descoperirea unor noi „factori auxiliari" ai alimentației n-a mai încetat, după deschiderea problemei de către Lunin.
Faptul că în unele regiuni aride se observa existența unor populații cu un procent ridicat de sterilitate a fost de mult atribuit unui regim alimentar necorespunzător. Ipoteza era justă, dar neverificată. Între anii 1922—1925, Evans și Sure au dat răspunsul experimental problemei. Administrînd șobolanilor o alimentație din care lipseau embrionii de grîu sau uleiul obținut din acești embrioni, șobolanii nu prezentau tulburări aparente. Femelele puteau fi fecundate, dar foetusul murea asfixiat după 2—3 zile. Femelele se însănătoșeau cu acest tratament, chiar în stadii mai avansate ale avitaminozei. „Factorul auxiliar" astfel descoperit, liposolubil, fu numit factor de antisterilitate sau vitamina E.
Seria vitaminelor E (tocoferolii) este alcătuită din 7 forme diferite de tocoferol, deosebite între ele prin mici diferențe de structură. Cele 7 substanțe poartă numele de alfa, beta, gama, delta etc., tocoferoli. După izolarea lor din produse naturale (germeni de grîu sau porumb prin saponificare sau distilare moleculară) s-a trecut la sinteză, pornindu-se mai ales de la cumen[1].
În 1929, cercetătorii danezi W. van Dam și Schöneyder au pornit de la observația că puii de găină bolnavi de scorbut nu se vindecau după administrarea sucului de lămîie. Abia în 1936—1937, ei au tras concluzia existenței unui alt factor activ, a cărui lipsă produce hemoragii subcutane prin tulburări de coagulabilitate a sîngelui. Este vorba despre vitamina K. Provitamina ei solubilă în apă se obține azi sintetic, pornind de la 2-metilnaftalină. A urmat seria vitaminelor P. Și, desigur, vor urma și alte vitamine.
Observarea unui efect biologic, izolarea produsului natural, studiul structurii lui pe cale fizică și chimică, sinteza parțială și totală — iată calea generală, care a dus rînd pe rînd la îmbogățirea chimiei vitaminelor.
Și mai departe. S-au pus în evidență legăturile de structură și de funcții dintre vitamine și catalizatorii biologici, în enzimele din organism. Vitamina B_2, împreună cu o proteină, formează „fermentul galben". Cu aceasta s-a realizat prima sinteză a unui ferment. Evident, nu și partea de sinteză a substanței proteice.
Din diferite părți se studiază sinteza cărămizilor de construcție a materiei vii. Oricît de departe mai este această performanță a geniului uman, ea își vestește înfăptuirea prin sintezele de polipeptide, vitamine, zaharuri complexe, hormoni.

Hormonii

În anul 1851, fondatorul medicinei experimentale, Claude Bernard, descoperă funcția glicogenă a ficatului. El arată că glicogenul din ficat trece în fluxul de sînge circulant și reprezintă sursa glucozei din sînge. Istoria fica-

[1] Hidrocarbură, derivat al benzenului, izopropil-benzen $C_6H_5 — CH(CH_3)_2$.

tului — arată Bernard — dovedește limpede că există secrețiuni interne, adică secrețiuni al căror produs este transmis direct sîngelui.

În 1855, Thomas Addison definește caracterele unei boli teribile rămase în literatura medicală sub numele de maladia lui Addison, ale cărei simptome sînt: slăbire rapidă, oboseală, coborîrea concentrației de zahăr în sînge, pierderea facultăților spirituale și pigmentarea brună a părților de piele supuse la lumină. Addison pune în legătură această boală cu glanda suprarenală, a cărei extirpare ducea la aceleași simptome.

În 1889, fiziologul Ch. Brown-Séquard relatează — pe baza unor experiențe, criticabile, asupra propriei lui persoane — că poate lupta cu succes împotriva bătrîneții prin injecții de „extract testicular".

Brown-Séquard avea 72 de ani; efectele descrise de el erau, desigur, legate și de autosugestie, dar observația sa cu privire la rolul glandelor cu secreție internă rămîne valabilă. El susținea că toate țesuturile au o funcție secretorie internă, că există un mecanism de reglare umoral.

În 1901, Takamine și Aldrich izolează din țesutul medular al glandelor suprarenale un produs cristalin, pe care-l numesc adrenalină. Ei emit ipoteza generală că glandele cu secreție internă produc substanțe chimice active, cu proprietăți biologice caracteristice.

Reluînd vechile lucrări asupra glandelor suprarenale, G. Oliver și E.A.Schafer, în 1895, în Anglia, studiază rolul extractelor din partea medulară a acestor glande și arată că ele exercită o acțiune asupra inimii și îndeosebi asupra presiunii arteriale. Alți cercetători stabilesc că sîngele venos provenind din suprarenale are aceleași proprietăți. Este astfel reactualizată o veche observație datînd din 1856; suprafața medulară a suprarenalei dă o colorație verzuie sub acțiunea perclorurii de fier, iar sîngele venos care iese din această regiune are aceeași proprietate.

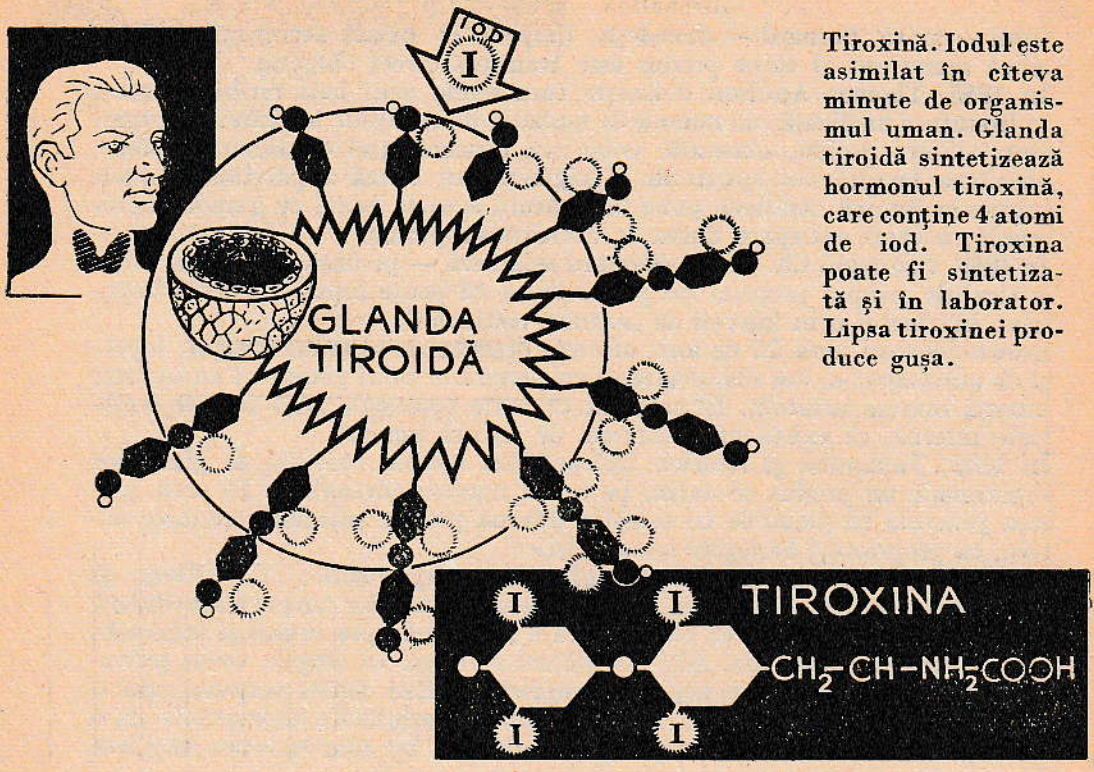
În anul în care Brown-Séquard își comunica ideile (1889), alți cercetători operează pe cîini, realizînd un diabet experimental prin extirparea pancreasului. După cîteva ore de la operație, se observa eliminarea glucozei în urină; după 3 zile, concentrația glucozei în urină atingea nivelul maxim. Era clară cauza acestui diabet experimental. Ficatul nu mai era în stare să realizeze depozitarea glucozei în formă de glicogen. Metabolismul substanțelor zaharoase era astfel deranjat.

După cercetările asupra mecanismului secreției pancreasului, substanța produsă în cursul digestiei în intestin și care ar stimula secreția pancreasului a fost numită secretină. Se sugerează pentru substanțele active sintetizate în organism numele de hormoni (de la cuvîntul grecesc *hormao*: a stîrni, a aținta, a îndemna). Adoptată de mulți cercetători, expresia capătă o largă circulație în fiziologie.

În 1922, Banting și Best injectează extract de pancreas de oi unor cîini cu diabet provocat prin extirparea pancreasului. Ei obțin prin aceste injecții coborîrea regulată a concentrației anormale de zahăr în sînge, caracteristică diabetului. Hormonul conținut în extractul pancreatic a primit numele bine cunoscut de insulină (hormonul este secretat de „insulele" lui Langerhaus).

S-a trecut la prepararea ei pe scară industrială din pancreas de porci, viței și boi, după obținerea insulinei cristalizate, în anul 1925.

Analiza produsului cristalizat ducea la formula de compoziție $C_{45}H_{69}N_{11}S$ + + $3H_2O$. Greutatea moleculară obținută prin diferite metode ducea la va-



Tiroxină. Iodul este asimilat în cîteva minute de organismul uman. Glanda tiroidă sintetizează hormonul tiroxină, care conține 4 atomi de iod. Tiroxina poate fi sintetizată și în laborator. Lipsa tiroxinei produce gușa.

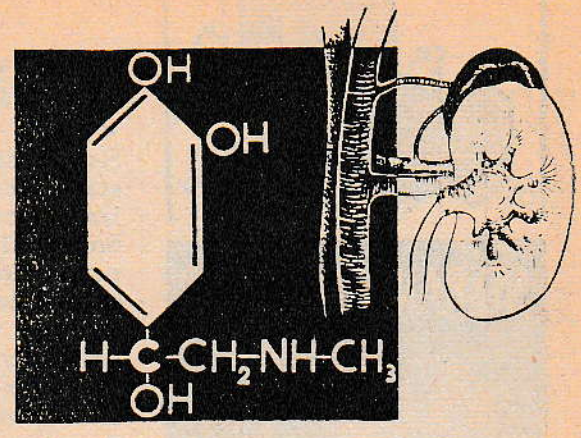
lori care se înscriau între 20 000 și 35 000. Insulina este o substanță proteinică; ea are deci un schelet aminoacidic[1].

Paralel cu cercetările privitoare la insulină, se desfășurau lucrări de fiziologie și medicină experimentală, pe baza unor observații mai vechi asupra efectelor patologice ale extirpării unor organe sau glande. Boala glandei tiroide[2] descrisă în 1840 de medicul Karl Basedow din Merseburg era consemnată încă din 1786. În anul 1883, Theodor Kocher trata această boală, pe cale chirurgicală, iar în 1902, cartelul chimico-farmaceutic din Charlottenburg și întreprinderea chimică farmaceutică „E. Merck" introduceau (sub denumirea de seruri antitiroidice) medicamente obținute din ser de capre sau de berbeci cărora li s-au extirpat glanda tiroidă, pentru tratarea maladiei lui Basedow.

[1] Structura întregului schelet aminoacidic al insulinei a fost descoperită de F. Sanger în deceniul anterior, punîndu-se astfel bazele noi ale chimiei structurii proteinelor. D ouă catene, catena „A" (21 de radicali aminoacizi) și catena „B" (19 radicali aminoacizi) sînt legate între ele prin punți formate din cîte 2 atomi de sulf.
Prima sinteză de peptide naturale biologic active a fost realizată în 1955 (oxitocina și vasopresina, produși de lobul superior al hipofizei și care acționează asupra mușchilor netezi ai—organelor—și asupra tensiunii arteriale). S-au pus în evidență deosebiri particulare de constituție între același hormon extras de la animale diferite. Astfel, vasopresina de taur se deosebește de cea de porc printr-un radical aminoacid.

[2] Simptomele ei sînt: creșterea metabolismului, accelerarea pulsului, exoftalmia (ochii ieșiți din orbite cu o strălucire specifică), excitabilitate exagerată.

Adrenalină
(3,4-dioxifenil-metilaminetanol)
>



Se izolează în 1919 — după o serie de încercări — tiroxina, a cărei constituție a fost determinată în 1926, și apoi sintetizată în laborator. Tiroxina conține o mare cantitate de iod și este activă mai ales în forma ei levogiră; în orice caz, inactivă ca racemic.

Extractul de glandă tiroidă vindecă maladiile datorite unei secreții insuficiente a glandei tiroide. Extractele tiroidice au bune efecte asupra copiilor bolnavi de cretinism datorit insuficienței tiroidiene. Formula tiroxinei, această substanță biologică activă, este relativ simplă. Compoziția ei: $C_{15}H_{11}O_4NI_4$.

O formulă și mai simplă are hormonul adrenalină, obținut pentru întîia oară în anii 1901—1902 de Aldrich și Takamine, independent unul de altul din glande suprarenale. Compoziția adrenalinei este: $C_9H_{13}NO_3$. Are în moleculă un atom de carbon asimetric, trei funcții alcoolice, o grupă aminică și un nucleu benzenic. Fr. Stolz a realizat sinteza adrenalinei în 1904, la foarte puțină vreme după izolarea și analiza ei, folosind obișnuitele metode de sinteză ale chimiei organice.

Au urmat patente în diferite țări pentru obținerea sintetică, pe căi mai simple, a adrenalinei.

Substanța naturală este optic-activă, și anume levogiră. Produsul de sinteză este racemic și se desface în izomeri optici cu ajutorul sărurilor acidului tartric optic-active.

Adrenalina este un excitant al sistemului nervos simpatic. Ea a intrat în șirul medicamentelor obișnuite.

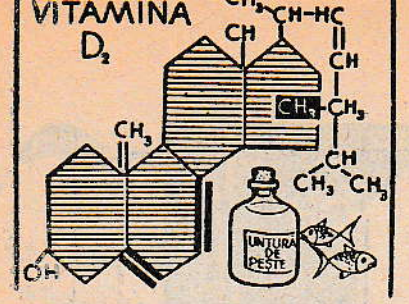
Succesele cercetărilor în domeniul glandelor cu secreție internă au determinat apariția unei discipline medicale noi, endocrinologia, unul din întemeietorii căreia este academicianul C.I. Parhon.

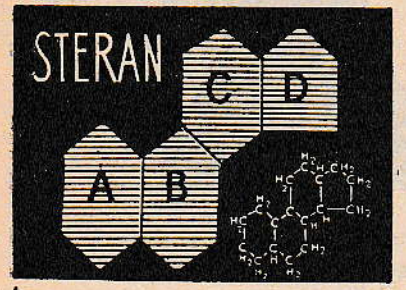
Chimiștii au cercetat secrețiile glandelor sexuale la femei și bărbați, ale timusului, ale glandei pituitare, ale țesuturilor. S-au izolat și s-au sintetizat zeci de corpi activi grupați în marea familie a hormonilor. În deceniul al patrulea al secolului nostru au apărut östron-ul[1], östriol-ul (izolat în 1936 din lichidul folicular al scroafelor), androsteronul[2], testosteronul (izolat în 1935 din testicule de taur), adrenosteronul, progesteronul etc. Întreaga grupă a acestor hormoni sexuali s-a dovedit a avea o constituție derivată dintr-o hidrocarbură, steranul. Ideea structurii steroidice a hormonilor sexuali a fost sugerată de cercetările din anul 1932 asupra acizilor biliari, care sînt și ei derivați ai ciclopentan-perhidrofenantrenului (steran)[3].

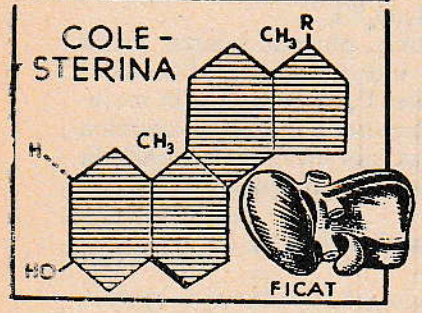
[1] Izolat încă din 1929 în formă cristalină din urina femeilor însărcinate. Primele cristale de „foliculină" au fost prezentate la Congresul de fiziologie de la Boston, în 1929.

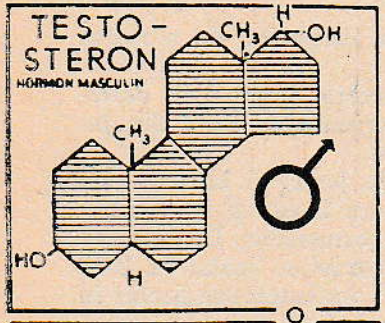
[2] Izolat din urină, în anul 1931.

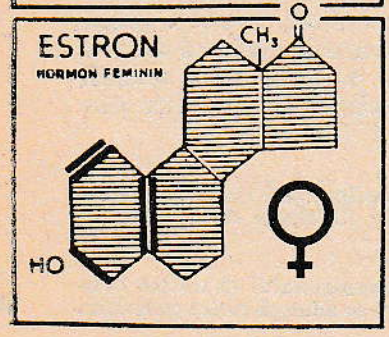
[3] Numele formulei arată că este vorba despre scheletul fenantrenului (3 nuclee benzenice) complet hidrogenat (deci fără duble legături), la care se adaugă ciclul pentanic.











Steranul și molecule biologic active cu structură steroidică

S-a constituit astfel chimia sterinelor, substanțe active cu rol de regulatori ai reacțiilor fiziologice. Din clasa sterinelor face parte și hormonul corticosuprarenal (H.C.S.), preparat pentru întîia oară în 1928, sub forma unui extract de cortex suprarenal. Acest extract menținea în viață animalele cu capsulele suprarenale extirpate. S-au obținut apoi extrase foarte pure, lipsite cu totul de adrenalină, care aveau efecte uluitoare în boala lui Addison.

Constituția și structura chimică a hormonilor corticosuprarenali a fost lămurită în 1935, după ce au fost obținuți în formă cristalină.

Sinteza chimică și-a spus din nou cuvîntul. S-au reprodus în laborator moleculele produse în organisme animale, lărgindu-se gama lor.

Trecerea de la urmărirea substanțelor active din organismele animale la cele din organismele vegetale era obligatorie. Ideea existenței unor substanțe chimice definite, cu rol esențial în creșterea plantelor se impunea, pe de o parte pornind de la existența unor astfel de substanțe în regnul animal, pe de altă parte, pornind de la observația simplă că tăind mugurii plantelor se împiedică dezvoltarea lor.

Stimulatorii de creștere a plantelor și-au făcut curînd intrarea în preocupările chimiștilor, biologilor și cultivatorilor, sub numele de auxine, heteroauxine, giberiline.

Din bacterii și ciuperci, din pătlăgele și spanac, din germeni de porumb, din tutun, fasole și bob s-au extras stimulatori vitaminici și hormonali de creștere a plantelor.

În institutele noastre de cercetări agrobiologice se fac interesante experiențe de aplicare a stimulatorilor de creștere, extrași din plante și sintetici, asupra arborilor fructiferi, viței-de-vie, legumelor.

Experiența acumulată va transforma curînd mînuirea și folosirea stimulatorilor de creștere a plantelor într-o practică științifică, dirijată spre multiplicarea producției vegetale. Visul de a face să crească 10 boabe acolo unde astăzi crește unul devine o realitate a viitorului apropiat. Ultrareacționarii neomalthusianiști, făcînd tot felul de „socoteli" cu privire la creșterea

populației și a producției agricole și înspăimîntînd omenirea cu spectrul foamei, ignorează forța transformatoare a științei și tehnicii; ei caută astfel să ascundă racilele capitalismului și să justifice războaiele de cotropire.

Experiența a aruncat primele ei lumini asupra acestor factori ai vieții, care se dovedesc a fi specii chimice bine definite: vitaminele și hormonii. Regulatori ai funcțiilor biologice, substanțe cu rol esențial în transmiterea influențelor exterioare asupra sistemului nervos, hormonii, vitaminele, enzimele alcătuiesc un grup a cărui diversitate de structură și compoziție corespunde diversității interacțiunilor care stau la baza fenomenelor vitale. Cunoașterea acestor structuri este un pas enorm, dar numai un pas pe drumul clarificării fenomenelor de autoreglare biologică. Cu ele nu se termină tabloul general al substanțelor biologic-active și abia începe descifrarea mecanismului, a legăturilor reciproce, a conexiunii generale dintre fenomenele a căror diversitate și unitate reprezintă viața.

Antibioticele

Însușirile antibacteriene ale peniciliilor (mucegaiuri) au fost observate la sfîrșitul veacului trecut (1880—1890) de doi medici ruși. V.A. Manassein a fost primul cercetător care a descoperit efectul mucegaiului verde asupra bacteriilor, iar A.G. Polotebnov a folosit mucegaiul verde, încorporat în ulei de migdale, la tratarea rănilor supurante și a ulcerelor sifilitice. Cercetarea sistematică, experimentală și preparativă a antibioticelor a început abia din deceniul al patrulea al secolului nostru, precedată de o observație — fără răsunet deosebit în anul comunicării ei — a lui Alexander Fleming.

În 1927 se efectuau în laboratorul lui Fleming cercetări asupra tipurilor de streptococi și stafilococi. Din marele număr de plăci pe care se studiau culturile, cîteva s-au contaminat accidental cu sporii unui mucegai. Miceliul ciupercii s-a dezvoltat bine în mediul de cultură. Examinînd o astfel de placă, Fleming observă că pe o zonă destul de largă în jurul coloniei de mucegai, coloniile de stafilococi dispăruseră. Fleming lucrase cu 15 ani înainte în problema agenților antibacterieni, continuînd cercetări anterioare ale altor oameni de știință. Astfel, în 1909 se stabilise experimental că albușul de ou diluat poate distruge celulele bacteriilor aparținînd grupului *subtilis* (lizobacteriilor). În 1911 s-a demonstrat că extractele de leucocite lizează (distrug) membrana celulară a diverșilor coci. În 1922, continuînd aceste cercetări, Fleming dă numele de lizozină substanței din mucusul nazal, din lacrimi, cartilaje, albuș de ou, care produce rapid liza unor specii bacteriene.

Observînd că dezvoltarea coloniilor de stafilococi este împiedicată, lui Fleming îi apare cu limpezime ideea acțiunii antibacteriene a mucegaiului. El controlează mai multe plăci, apoi expune altele la contaminare provocată. Fenomenul se reproduce cu regularitate. Cercetătorul pornește la identificarea mucegaiului.

Era o ciupercă din genul *Penicillium*.

În 1928, Fleming își comunică descoperirea, susținînd că mucegaiul (specia *Penicillium rubrum*) secretă o substanță care împiedică dezvoltarea bacteriilor și pe care el o numește penicilină.

În anul 1939, s-a încercat extragerea substanței căreia i se datora activitatea antibiotică printr-un procedeu de dublă extracție cu solvenții: cloroform și acetat de amil. În 1941 — 1942, primele extracte conținînd 1 — 5% penicilină au fost folosite cu succes în clinică.

Paralel cu cercetările echipei de la Oxford, Z.V. Ermolieva lucrează cu *Penicillium notatum — austosum*, izbutind să extragă din acest mucegai penicilină. Au urmat anii punerii la punct a producției industriale a penicilinei. Încercările de a obține substanțe antibiotice n-au mai contenit. Ultimii 20 de ani au adus în clinică și în laboratoarele organicienilor zeci de substanțe antibiotice.

După penicilină, și-a făcut intrarea în clinică streptomicina, descoperită în 1943, pe baza cercetărilor efectuate asupra ciupercii *Actinomyces griseus*. Într-un ritm caracteristic pentru cercetarea chimică contemporană se stabilesc structurile antibioticelor. Se realizează, rînd pe rînd, sinteza lor. Levomicetina se obține astăzi aproape exclusiv prin sinteză chimică.

Fiecare dintre aceste substanțe cu acțiune de împiedicare a dezvoltării microorganismelor patogene își are propria ei istorie. Chimiști, botaniști, biologi și medici își înfrățesc eforturile pentru a descoperi în natură și a reproduce sau produce în laborator substanțe cu activitate antibiotică specifică.

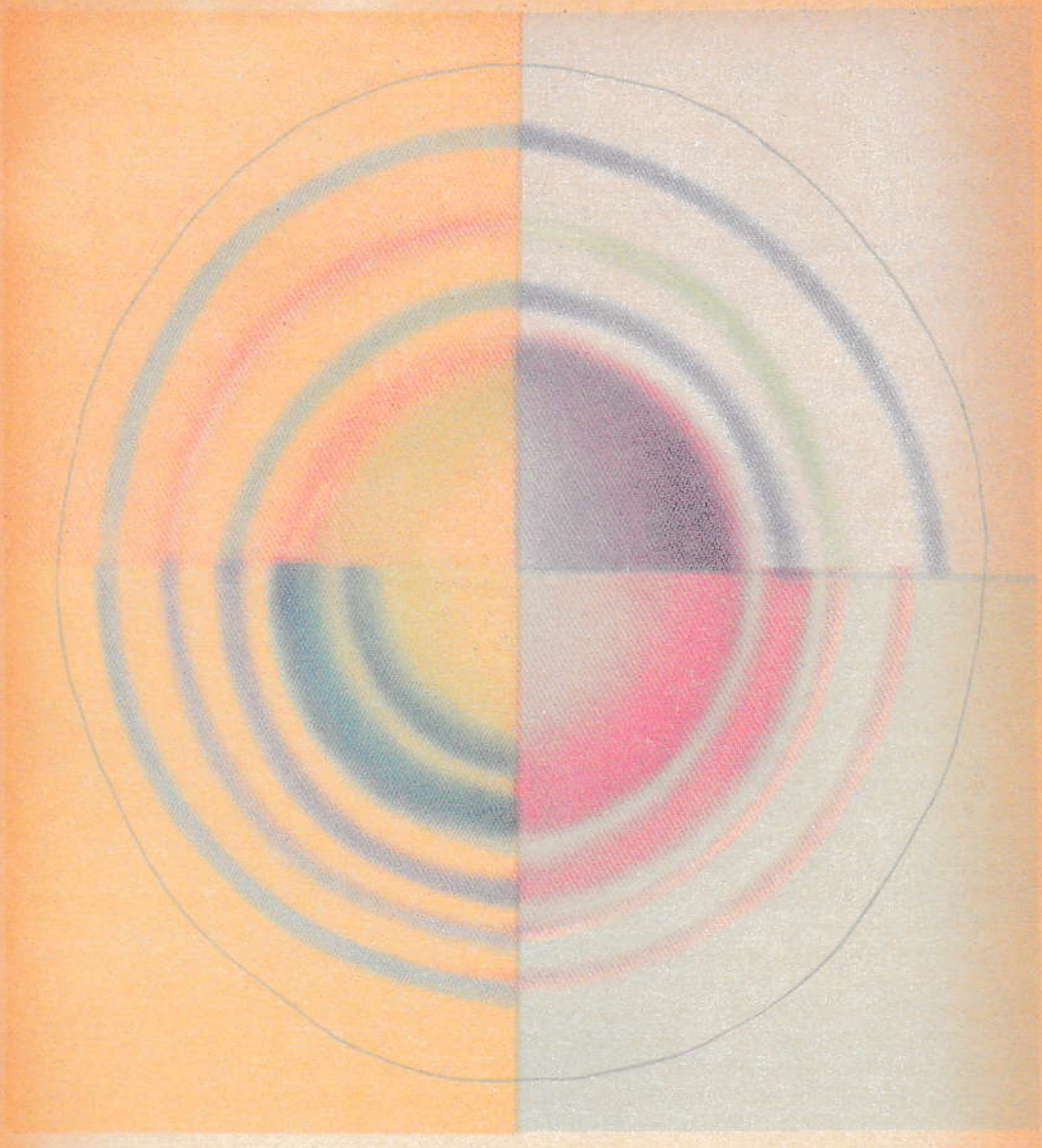
În deșerturile și semideșerturile din sud-estul Uniunii Sovietice trăiește lichenul *Parmelia Vagans*. V. Ivanov și S.E. Ivanova i-au cercetat proprietățile terapeutice între anii 1947—1950. Ei au pus în evidență proprietățile astringente, hemostatice și bactericide ale plantei. Pornindu-se de la constatarea că extractele eterice, acetonice și alcoolice ale lichenului aveau acțiune antibiotică, iar soluțiile apoase erau inactive, s-a trecut la încercările de izolare a principiului activ.

S-a obținut o substanță cristalină, gălbuie, insolubilă în apă, greu solubilă în alcool, ușor solubilă în cloroform și benzen, optic-activă. Cercetîndu-se structura chimică și compoziția substanței, s-a dat peste acidul usnic, descris încă din 1843. Cunoscut de peste 100 de ani, nu i se știau proprietățile bactericide...

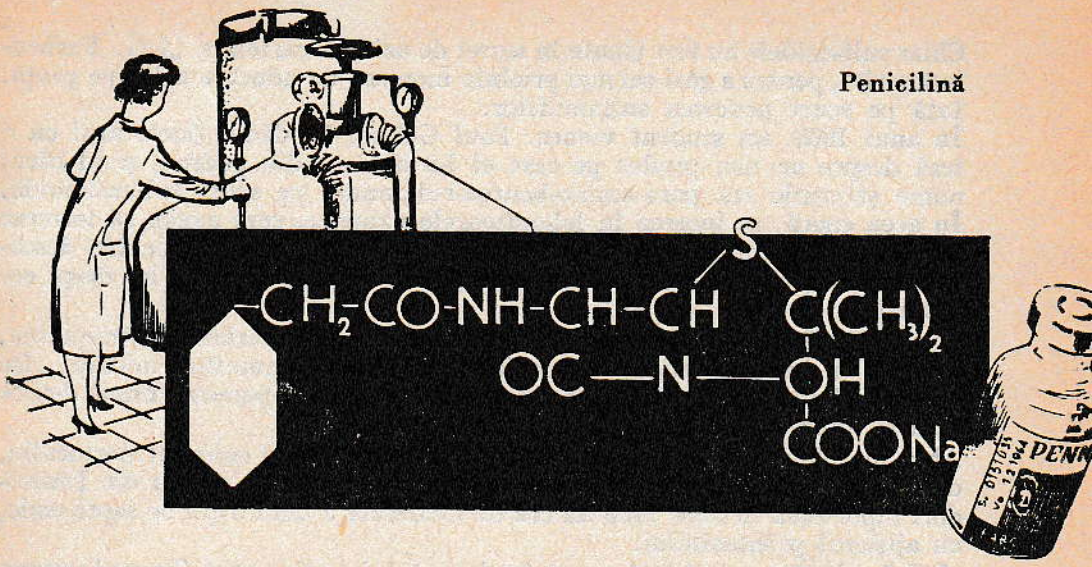
Pentru stabilirea activității antibiotice, s-au încercat efectele unei soluții de acid usnic în hidroxid de sodiu n/100 asupra bacteriilor, infuzorilor, protistelor. Concluziile experiențelor: împiedică dezvoltarea stafilococilor, streptococilor, bacililor difteriei, tusei convulsive și altor boli, microorganismelor anaerobe, în diluții de 1/100 000 și 1/2 000 000; împiedică dezvoltarea bacilului tuberculozei umane și bovine în diluții de 1/2 000 000; are puternice proprietăți protistocide și infuzoricide; nu acționează asupra colibacilului, bacilului tific și paratific, ciupercilor de mucegai și drojdie; activitatea antibiotică este redusă în prezența sîngelui și a lichidului ascitic; sucul gastric, saliva și ureea nu-i micșorează activitatea; substanța este foarte stabilă în timp; cisteina n-o inactivează nici după un contact de 4 ore; are efecte antibiotice asupra bacteriilor fotopatogene.

Institutul de botanică al Academiei U.R.S.S. a preparat sarea de sodiu a acidului usnic, solubil în apă, alcool și grăsimi, bioactivă ca și acidul.

În 15 ani de experiențe au apărut: *levomicetina* (cloromicetină), cunoscută sub sinonimul cloramfenicol, extrasă din *Streptomices venezuelae* și cu pu-



Cromatogramă pe hîrtie.



ternice efecte curative în febra tifoidă, meningite purulente, tuse convulsivă, bruceloză, peritonită, tifos exantematic; *tetraciclina* (hostaciclină sau acromicină), *clorotetraciclina* (aureomicină), *oxitetraciclina* (teramicină sau tetran), *eritromicina* (iloticina sau ericina), *carbomicina* (magnamicină), *spiramicina*, *novobiocina*, *oleandomicina*, *vaucomicina*, *albomicina*, *bacitracina*, *neomicina*, *polimixinele*, *viomicina*, *cicloserina*, *streptovacina*, *gramicidina*, *xantociclina*, *fitoncidele* (descoperite de cercetătorul sovietic Tonkin, în ceapă, hrean, usturoi), *azaserina*, *sarcomicina* și altele, și altele.

Intrate în marea familie a substanțelor organice, antibioticele au început să fie clasificate după criterii de structură chimică.

Pe fondul materialului experimental adunat în curs de 20 de ani se înalță o adevărată chimie a antibioticelor. Există astăzi cîteva sute de antibiotice, diferite ca structură și activitate. Nici un semn nu indică încheierea acestui capitol al biochimiei.

Lărgind accepția actuală a cuvîntului antibiotic, am putea include în familia substanțelor care împiedică dezvoltarea microorganismelor patogene și alte medicamente, ca neosalvarsanul lui Ehrlich și sulfamidele.

Încă înaintea primului război mondial, savantul Paul Ehrlich descoperise într-un laborator din Frankfurt, după 605 încercări, neosalvarsanul, rezultat al celei de-a 606-a sinteze. Acesta era remediul contra unei boli teribile: sifilisul. Avînd monopolul medicamentului, uzina pentru care lucra Ehrlich îl menține la un asemenea preț, încît și-l puteau procura numai cei cu dare de mînă, iar după izbucnirea războiului, uzina a încetat cu totul livrările de neosalvarsan.

Cazuri asemănătoare s-au petrecut și cu alte medicamente. Germaninul sau „Bayer 205", medicamentul împotriva bolii somnului (care bîntuia pe teritorii imense în fostele colonii engleze din Africa) n-a fost, multă vreme, livrat de uzinele cartelate, aceasta constituind unul din mijloacele de presiune pentru a obține compensații în schimbul coloniilor africane pe care Germania le-a pierdut în primul război mondial.

Chiar sulfamidele au fost ținute în secret de uzinele cartelate „I.G. Farbenindustrie", pentru a găsi cel mai prielnic moment de aducere a lor pe piață. Iată pe scurt povestea sulfamidelor.

În anul 1908, un student vienez, Paul Gelmo, își dădea doctoratul cu o teză despre un nou produs pe care el l-a obținut din gudron, și al cărui nume științific era para-amino-benzen-sulfamidă, pe scurt sulfanilamidă. În acea epocă, se încerca în laboratoarele uzinelor, care aveau să formeze trustul „I.G." toți compușii noi obținuți de cercetători, fie pentru descoperirea însușirilor lor ca medicamente, fie în vederea folosirii lor drept coloranți.!

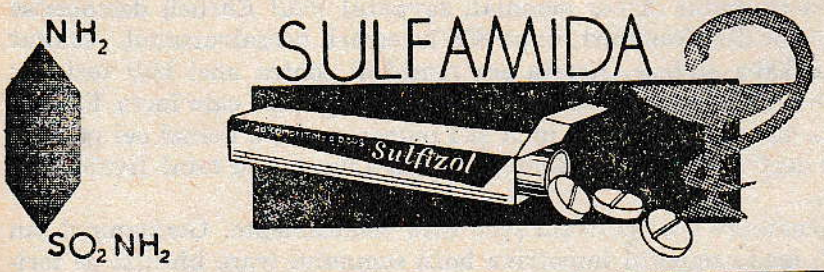
În anul 1913, un medic german anunță că un colorant cărămiziu, crisoidina, înrudit cu sulfanilamida, împiedică dezvoltarea anumitor microbi. De atunci, laboratoarele viitorului trust „I.G." n-au mai pomenit nimic despre această problemă.

Abia în 1932, doi chimiști de la „I.G." brevetează un colorant portocaliu, derivat al sulfanilamidei, pe care-l numesc prontosil. Un doctor din Düsseldorf raportează în anul 1933 un caz de vindecare a unui copil de septicemie, cu ajutorul prontosilului.

„I.G." voia să mențină însă secretul colorantului medicament. Trustul german se socotea, de altfel, la adăpost de concurență, deoarece era acoperit cu brevetul prontosilului.

Dar iată că în anul 1936, chimistul francez Fourneau descoperă că prontosilul, numit și sulfamidă roșie, se descompune în corpul omenesc, dînd tocmai produsul descoperit de Gelmo în anul 1908 și că tocmai acest produs are în organism efectul distrugător asupra bacteriilor. Or, substanța descoperită de Gelmo nu era acoperită de nici un brevet. Ea era cunoscută în toate țările. Și astfel începe în toate țările cu industrie de medicamente producerea sulfamidelor albe. Încercarea trustului „I.G." de a menține secretul pentru afacerile sale a dat greș. Sulfamidele deveniseră un bun al tuturor.

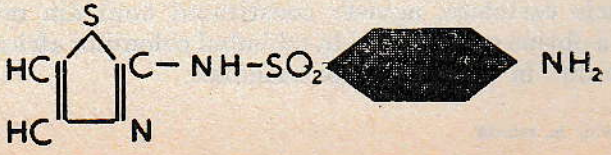
PRONTOSIL



SULFANILAMIDA

SULFATIAZOL

Sulfamidele



Secretul era legea de fier a lui „I.G." Conducătorii trustului încercau să țină închise cu lacăte de fier descoperirile oamenilor de știință plătiți de ei. Pentru a menține secretul operațiilor, era introdus în laboratoarele „I.G." un sistem celular. Chimiștii nu aveau voie să circule în afara sectoarelor lor. Ei executau reacțiile, încercările, analizele comandate, fără să știe la ce vor servi. Cei cîțiva inițiați inventau o limbă papagalicească pentru a discuta între ei problemele. Simboluri, numere, cifruri înlocuiau denumirile obișnuite, științifice ale materialelor. Astfel sperau stăpînii trustului să țină secrete formulele de preparare a sulfamidelor, ca de altfel și a coloranților și a cauciucului. Pe de altă parte, nici un mijloc nu era socotit prea murdar pentru a pune mîna pe descoperirile străine.

* * *

Apariția antibioticelor a stins o vreme interesul pentru sulfamide. Excesul folosirii antibioticelor, avînd drept consecință apariția unor tulpini microbiene adaptate la antibiotice, a determinat o reînviere a preocupărilor chimiștilor și medicilor pentru sulfamide. Prin sinteze noi, substituindu-se hidrogenii azotului funcției aminice din molecula de sulfanilamidă sau a hidrogenilor funcției amidice, sau și a unora și altora, cu radicali organici (tiazol, guanidină, anhidridă ftalică) s-au creat sulfamide tolerate bine de organisme și cu acțiuni terapeutice specifice.

Crisoidin-sulfamida (prontosilul), carboxicrisoidin-sulfamida (rubiazolul), sulfadiazina, sulfatiazolul, succinol-sulfatiazolul (sulfadigesin), formosulfatiazolul etc. și-au făcut astfel intrarea în rîndul medicamentelor.

Cît de variată, cît de multilaterală, și totuși cît de incompletă este imaginea actuală despre fenomenele biologice! Experiența a dezvăluit sute de specii chimice active în organism: vitamine, hormoni, enzime, acizi nucleici, auxine, antibiotice. Experiența, orientată de teoria structurii, a reconstituit fragmentele din care sînt alcătuiți constituenții protoplasmei: polipeptidele.

Biologii[1] au izbutit să realizeze în condiții de laborator, prin fecundarea artificială a unui ovul, dezvoltarea in vitro a primelor stadii ale embrionului uman filmînd fazele acestei experiențe. Fizica biologică a pus în evidență fenomene microelectrice în nervii și mușchii organismelor animalelor superioare. Cibernetica încearcă să descifreze mecanismul comenzilor și automatismelor din organisme, folosindu-se de modelele automate ale tehnicii noi.

În laboratoare, în clinici, descoperi un front neîntrerupt al luptei pentru înțelegerea fenomenelor vieții. Chimia nu este singură în această ofensivă.

Experiențe noi își propun să descopere condițiile răspunsului la probleme complexe, la care, mai ieri, cercetătorii nu-și îngăduiau să gîndească. Cum acționează substanțele active din organisme? Cum se transmite în mediul

[1] Daniele Petrucci, 1960.

viu energia primită din alimente, energia calorică, luminoasă, energia de alimentare a activității biologice? Ce sînt așa-numitele boli degenerative? La începutul răspunsurilor aproximative date acestor probleme, întîlnim mereu experiența.

Colaborează fizica, chimia, biologia, matematica. Aparatele fizice măsoară și înregistrează reacțiile organelor; chimiștii analizează substanțele ce se produc în celule și influențele reciproce dintre substanțe; biologii experimentează, modificînd și variind condițiile de viață ale organismelor; creierii electronici integrează rezultatele experiențelor.

Experiența chimică se desfășoară în aceste condiții noi, ținînd seama de datele obținute de fizică, fiziologie, biologie.

Amintim una din experiențele de chimie biologică, prin care cercetătorul provoacă natura la un răspuns, în condițiile tehnicii actuale de cercetare și ale cunoștințelor actuale despre structura substanțelor chimice. Biochimistul Albert Szent-Györgyi o pune la baza concepției sale despre transmiterea energiei în mediul viu.

Obiectul experienței: o fibră musculară de cobai. Fibra este introdusă în glicerină diluată cu apă și ținută timp de cîteva zile în răcitor. Apoi, scoasă din soluția de glicerină, fibra se introduce într-un spațiu răcit pînă la o temperatură foarte joasă, unde se păstrează timp de cîteva săptămîni. De aici, fibra este introdusă într-o soluție de clorură de potasiu (KCl) n/10, la temperatura camerei. Se adaugă magneziu și acid adenozinfosforic, în aceeași concentrație în care este conținut acest acid în mușchiul viu. În acest stadiu al experienței, mușchiul se contractă și dezvoltă aceeași tensiune pe care o dezvolta — la maximum — pe viu.

„Dacă am identifica viața cu mișcarea — spune autorul experienței — am putea spune că mușchiul a înviat". Autorul nu face, desigur, această grosolană eroare, dar pe marginea experienței, ținînd seama de datele cunoscute, el elaborează o ipoteză de transmitere a energiei biologice.

În experiență se constată că acidul adenozinfosforic se scindează pierzînd fosforul terminal, legat în molecula acidului adenozinfosforic prin puntea: fosfor-oxigen-fosfor (P—O—P). Datele cu privire la structura substanțelor organice îl fac pe Szent-Györgyi să tragă concluzia că energia care pune mușchiul în mișcare este tocmai energia acestei legături. Punîndu-și întrebarea în ce mod energia legăturii P—O—P pune în mișcare mușchiul, autorul face o serie de ipoteze privind raportul dintre legătura P—O—P și modificările miozinei din mușchi, structura specială a apei din organismele vii, analogia dintre semiconductori și proteine. Pe baza acestor elemente, el construiește o ipoteză a transferului energetic în organism, în care rolul principal este atribuit luminescenței moleculelor, ca factori de transfer al energiei.

Materialul experimental folosit pentru construcția acestei teorii este încă insuficient. Ipoteza este criticabilă — așa cum arată acad. A.N. Terenin — în prefață la traducerea sovietică a eseului lui Szent Györgyi — din mai multe puncte de vedere. Dar problema este pusă.

Sinteza cercetărilor de fizică biologică, chimie biologică, cibernetică este la orizontul apropiat.

Se cunosc astăzi mecanismele unor fenomene, care se produc în mușchi, în sînge, în ficat, în stomac, în rinichi, în nervi, în creier[1]. Cuprinderea lor într-o teorie generală va constitui începutul unei noi ofensive, mai sistematice, mai precise, împotriva bolii, pentru prelungirea vieții.

Am văzut că transmutația elementelor, vis al alchimiștilor, și-a găsit realizarea în secolul nostru, devenind o realitate experimentală.

Elixirul vieții se ivește și el nu sub înfățișarea unei substanțe miraculoase, prezentă în atmosfera de invocări și imprecații sub mișcările unei baghete „vrăjite", ci ca un ansamblu de intervenții fizico-chimice în evoluția organismului, bazat pe cunoașterea tot mai profundă a fenomenelor biologice și a legilor evoluției vieții.

[1] Experiențele din ultimii ani indică rolul important al substanței serotonina (5-oxitriptamina) asupra funcțiilor creierului. O substanță apropiată ca structură cu serotonina, și anume dialilamida acidului lisergic ar fi agentul chimic, cu care s-ar putea produce psihoze experimentale. Chimia abordează studiul etajului nervos superior (vezi V. A. Engelhardt, „Analele romîno-sovietice", seria chimie, nr. 1, 1960).

XXXII. Destinele chimiei analitice

Nici una dintre înfăptuirile chimiei n-ar fi fost cu putință fără instrumentele și metodele de analiză. Nici descoperirea elementelor, nici sintezele moleculelor-gigant, nici pătrunderea în procesele fizico-chimice ale vieții. *Identificarea* speciei chimice, *izolarea* ei din amestec sau combinație și *determinarea* ei cantitativă, acestea erau obiectivele inițiale ale analizei chimice. Astăzi, analitica urmărește mult mai mult decît atît. Ea pătrunde în uzină, se instalează în mijlocul procesului tehnologic, urmărește desfășurarea calitativă și cantitativă a proceselor. Analiza se automatizează și intervine ca un factor hotărîtor în reglarea automată a proceselor tehnologice.

Pe de altă parte, ea se îmbogățește cu metode de separare industrială a unor amestecuri, devenind astfel o ramură a chimiei preparative.

Beneficiind de toate descoperirile teoretice și experimentale din celelalte domenii ale chimiei și fizicii, solicitată de analiza organică, de cercetarea de laborator, de producția chimică, petrolieră, alimentară, analitica devine în anii noștri una din condițiile esențiale ale progresului în știință și producție. Pînă mai acum 50 de ani, capitolele chimiei analitice erau cam acestea: analiza calitativă chimică și analiza cantitativă; analiza cantitativă, la rîndul ei, se împărțea în gravimetrie (determinare cantitativă prin cîntărire), volumetrie (determinarea cantitativă prin titrare) și gazometrie (măsurarea concentrației gazelor). Spectrometrul, polarimetrul, refractometrul erau instrumente destul de rare și nu părăseau laboratorul de cercetare. Astăzi, cromatografia, interferometria, magnetochimia, polarografia, radiometria, complexometria, spectrofotometria, spectrometria de rezonanță nucleară și electronică, roentgenografia, reometria etc. nu sînt numai capitolele unei bogate discipline fizico-chimice; ele devin metode curent folosite în laboratorul de uzină.

Alături de aparatele obișnuite de pe tablourile de comandă ale secțiilor de uzină siderurgică, chimică, farmaceutică, alimentară, textilă, găsești astăzi pH-metre, densimetre și viscozimetre indicatoare și înregistratoare, aparate de analiză cromatografică, spectrometre de masă, aparate de analiză continuă a gazelor, refractometre, polarimetre și colorimetre integrate în circuite de reglare automată. Iar tendința evidentă este spre generalizarea pătrunderii aparatelor de măsurat analitice în uzine, în toate acele uzine în care materia primă suferă transformări fizico-chimice pe drumul ei spre produsul finit.

De la minereul de fier la oțel, de la cărbune, metan, petrol și silice la mase plastice, rășini și uleiuri, de la cereale, fructe și carne crudă la conserve alimentare, în industria siderurgică, petrochimică, alimentară, mereu și pretutindeni avem de-a face cu transformări de substanțe, cu modificări profunde ale compoziției materiilor prime.

A urmări elaborarea unei șarje de oțel, producerea unui medicament, a unei conserve alimentare, a unui ulei mineral sau vegetal, a zahărului, a săpunului, a fibrelor sintetice, înseamnă a analiza calitativ și cantitativ. Ritmul actual al producției în marile instalații moderne, mecanizate sau automatizate, și indicii de calitate impuși de standarde nu mai îngăduie analiza șarjă cu șarjă, la intervale mari de timp. Ele cer răspuns rapid, dacă se poate instantaneu, la întrebările: care este compoziția materialului intrat în proces, semifabricat sau finit; care este compoziția gazelor de ardere și a celor din halele uzinii; care este gradul de puritate a apei de alimentare a cazanelor; ce densitate, ce viscozitate, ce indice de refracție are substanța în fluxul tehnologic? Sute de întrebări de acest fel, tipic analitice, își cer răspunsul în timp ce se desfășoară neîntrerupt procesul de fabricație. O analiză făcută la timp, o analiză sigură, precisă, poate salva zeci de tone de la rebut, poate evita distrugerea unui cazan uriaș sau corozi-unea a kilometri de conducte de oțel.

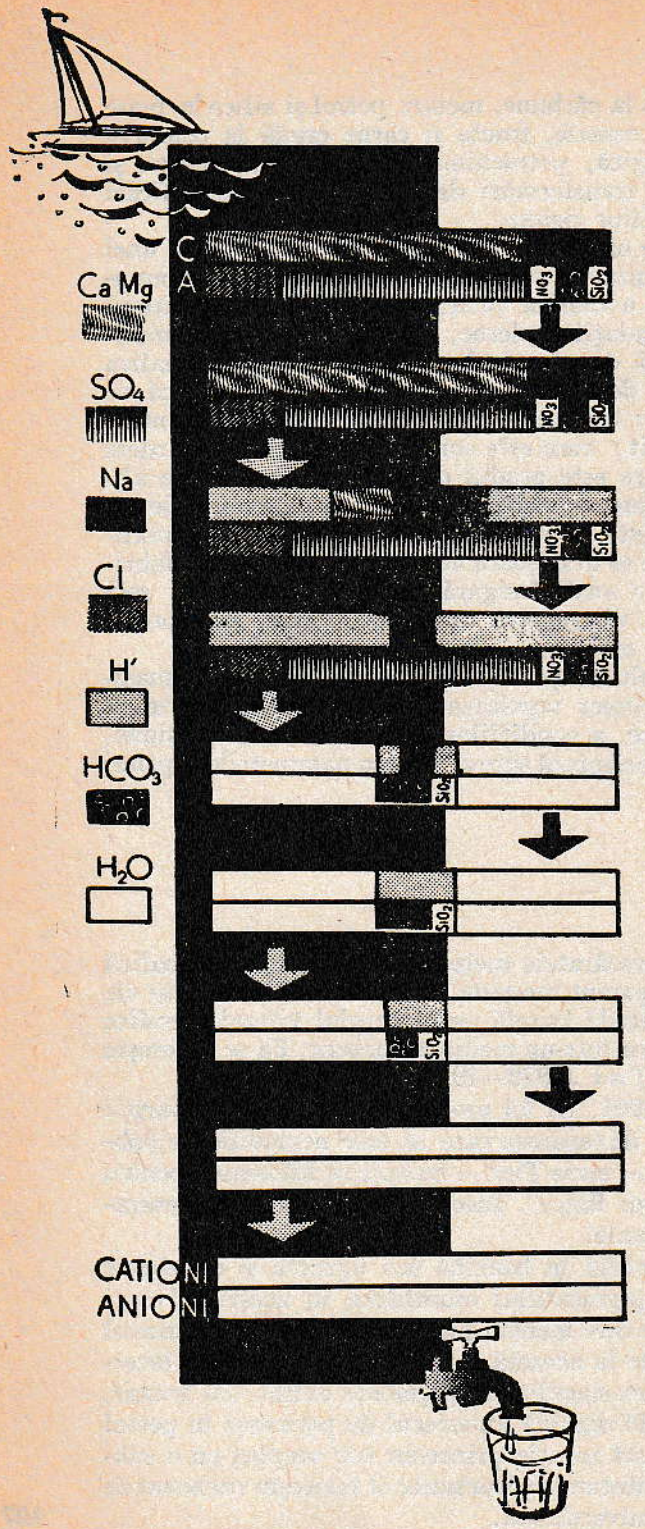
Și mult mai mult decît atît. Rezultatul prompt al analizei, comunicat mașinilor electronice de calcul sau direct regulatoarelor automate, determină o modificare a fluxului tehnologic, a condițiilor de temperatură, presiune, debit etc. Această modificare este orientată spre atingerea parametrilor optimi de calitate.

Cromatografia

La începuturile fiecăreia din nenumăratele metode fizico-chimice de analiză utilizate astăzi stau experiențe aparent modeste ca obiectiv. Una dintre ele a deschis calea *cromatografiei*, metodă bazată pe principiul vitezei specifice de migrare a moleculelor sau ionilor într-un mediu adsorbant. Ea se datorește biologului Mihail Semionovici Țvet (1872—1913).

Lucrările lui Țvet încep în anul 1901. El își propunea să studieze pigmenții din frunze, pe baza unei metode de separare care să lase nemodificate substanțele analizate. „Biochimistul — scria Țvet— trebuie să folosească pentru extragerea substanțelor metode pur fizice". Idee profundă, a cărei generalizare stă la baza analiticii actuale.

Țvet observă insolubilitatea clorofilei în benzină sau ligroină și dovedește experimental că insolubilitatea pigmentului clorofilian în acești solvenți se datorește unor forțe moleculare care mențin pigmentul legat de substratul său proteinic, adică adsorbției. De la această concluzie, Țvet trece la încercarea de a separa componenții amestecului de pigmenți extras din frunze, bazîndu-se tocmai pe adsorbție. El dizolvă amestecul de pigmenți în petrol lampant sau benzen și trece această soluție printr-un tub umplut cu o substanță adsorbantă potrivită. Ca substanțe adsorbante el folosește carbonat de calciu sau aluminiu în formă pulverulentă.



Schema desalinării totale a apei cu ajutorul schimbătorilor de ioni. Sînt reținuți, rînd pe rînd, cationii și anionii, pînă cînd apa este total desalinată

<

Tubul cu pulberea tasată și acoperită cu un strat de lichid solvent are în partea inferioară o scurgere.

Țvet obține astfel o serie de benzi colorate la diferite distanțe pe coloana de adsorbant. Tăind coloana deasupra și dedesubtul fiecărei benzi, el obține astfel fragmente de adsorbant încărcate cu un anumit pigment. Redizolvînd pigmentul din fiecare bandă separată și evaporînd soluția, capătă astfel pigmenții individuali ai amestecului inițial.

Aceasta este experiența prin care s-a pus pentru prima oară în practică principiul adsorbției selective bazat pe proprietatea unor materiale solide — în granule sau pulverulente — de a reține selectiv din soluție diferitele substanțe dizolvate.

Principiul s-a dovedit deosebit de fecund; s-a elaborat o tehnică, o nomenclatură și explicațiile corespunzătoare, ale căror baze au fost puse chiar de botanistul Țvet.

Coloana conținînd materialul adsorbit se numește cromatogramă. Operația de spălare continuă cu solvent — care are ca urmare mișcarea înceată a stratului colorat și separarea stratului inițial unic în mai multe straturi de diferite culori, corespunzînd fiecare unei anumite substanțe din amestec — se numește developarea cromatogramei.

Această separare înceată în componenți, despărțiți între ei prin straturi albe de adsorbant, se datorește faptului că pentru fie-

care component din amestec există un anumit echilibru între compusul în stare adsorbită și în stare dizolvată.
Sub influența curgerii continue a solventului prin coloană, particulele adsorbite care trec în soluție sînt transportate mai jos pe coloană, la o distanță scurtă; ele se redepun pe o nouă suprafață liberă a adsorbantului. Adsorbția și viteza de migrare fiind diferită pentru fiecare component, se petrece astfel, în timp, separarea lui totală în benzi succesive. Stratul mai puternic adsorbit se mișcă mai încet în spre baza coloanei; cel mai slab adsorbit se deplasează mai repede.
După developarea cromatogramei, se poate continua trecerea solventului prinzîndu-se la partea inferioară a tubului, rînd pe rînd, în vase diferite, soluțiile de componenți individuali separați.
Se mai poate folosi metoda eluției, care constă în tăierea cu o spatulă a straturilor colorate ale coloanei și dizolvarea lor separată, urmată de evaporare.
În 1903, botanistul Țvet formula principiul separării cromatografice a combinațiilor organice. Mai tîrziu, el extinde principiul separării cromatografice asupra substanțelor incolore. „Obiectiv vorbind — scrie Țvet în Analele Academiei de Științe — toate substanțele sînt „colorate": proteina, zahărul, apa ca și... clorofila, numai că principala absorbție a energiei radiante (de către substanța cercetată) are loc în alte regiuni ale spectrului".
Decurge din această idee posibilitatea separării substanțelor colorate sau necolorate. Pentru cele colorate, separarea se face direct, în coloana cu adsorbant. Pentru cele necolorate, urmează o operație suplimentară de „developare", folosind radiații din alte domenii decît cel vizibil, ca de pildă ultravioletele. Această metodă este realizată astăzi. Ca adsorbant se folosește, în mod obișnuit, oxidul de aluminiu (alumina) special activat cu silicagel, sau alte substanțe.

Schimbătorii de ioni

Metoda cromatografică a lui Țvet s-a combinat ulterior cu metoda schimbătorilor de ioni, realizîndu-se astfel unul din cele mai fine mijloace de separare și purificare a chimiei moderne.
Fenomenul schimbării de ioni a fost observat de mult. Sînt peste 100 de ani de cînd fenomenul a fost pus în evidență cu prilejul unor cercetări experimentale asupra solului. Se căuta răspuns la problema: cum se explică faptul că solul arabil poate reține atît de bine îngrășăminte solubile în apă? Firesc părea ca aceste îngrășăminte (sărurile de potasiu, sulfatul de amoniu), adăugate solului, să fie ușor spălate de apa de ploaie. S-a făcut următoarea experiență:
Într-un ghiveci cu orificii la fund, s-a pus pămînt arabil bine tasat. Peste pămîntul din ghiveci s-a trecut o soluție de sare de potasiu de concentrație cunoscută și s-a analizat apa scursă prin pămîntul din ghiveci. Analiza dovedea că în apa scursă prin orificiile ghiveciului se găsește calciu sau sodiu sub formă de cloruri și în cantitate echivalentă cu potasiul reținut de pămînt din soluția turnată peste el. Potasiul reținut de sol nu se mai putea îndepărta prin simplă spălare cu apă de ploaie. Ca un fel de burete, solul reținea potasiul din soluția de sare de potasiu și nu ceda acest potasiu decît dacă era spălat cu o soluție de sare de sodiu.

În acest caz, sodiul înlocuia potasiul, care apărea în soluția scursă din ghiveci.

Așadar, solul reținea ioni și elibera alți ioni în schimb. El acționa ca un schimbător de ioni.

În anul 1858, chimistul german H. Eickhorn a preparat primul schimbător de ioni artificial. Amestecînd soluții de silicat și aluminat de sodiu a obținut un gel alb. Uscînd această „gelatină" și măcinînd-o, a preparat o pulbere cu excepționala proprietate de a schimba ionii din apa „dură" care conține ioni de calciu.

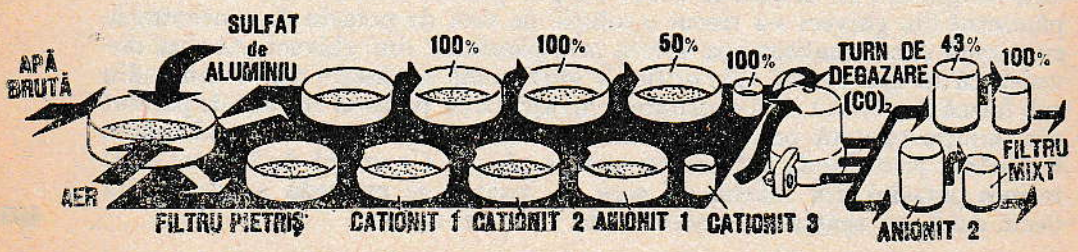
Explicarea însușirii unor materiale de a efectua schimbul de ioni a venit mult mai tîrziu, o dată cu elaborarea teoriei disociației electrolitice.

Ionii se deosebesc în mod esențial de atomii din care iau naștere prin pierdere sau cîștigare de electroni. Între ionii negativi (cu exces de electroni) și cei pozitivi (cu electroni lipsă) intervine o puternică forță de atracție. Să ne închipuim că am separat ionii de clor și cei de sodiu din 30 grame de clorură de sodiu și am izbutit să-i distanțăm între ei, după despărțire, la o distanță de 12 000 km. Între cele 2 grupe de particule așezate la o distanță atît de mare cît aceea dintre polii pămîntului, s-ar putea constata o forță de atracție de cîteva tone. Și deoarece se știe că forța scade cu pătratul distanței, înseamnă că ionii foarte apropiați, de semn contrar, se atrag cu forțe uriașe. Ceea ce explică de ce nu se pot desface din legătura lor reciprocă ionii pozitivi și negativi apropiați. Dar aceasta nu împiedică posibilitatea înlocuirii unui ion pozitiv cu altul tot pozitiv, sau a unuia negativ cu altul tot negativ.

Un schimbător de ioni mijlocește acest schimb de ioni de aceeași sarcină, între ei. Schimbătorul de ioni este o substanță solidă, iar schimbul se face între ionii săi și cei dintr-o soluție.

Granulele schimbătorului de ioni pot fi asemuite cu un burete fin, prin ale cărui canalicule submicroscopice circulă ioni liberi de diametru mic. Dacă acești ioni sînt pozitivi, schimbătorul este un cationit; dacă sînt negativi, schimbătorul este un anionit. Cationitul sau anionitul trebuie să aibă o structură reticulară, în care „scheletul" reticular este de fapt un ion unic cu sarcini multiple, iar ionii liberi de diametru mic care circulă prin scheletul reticular neutralizează sarcinile ionului unic. Realizarea unei asemenea structuri este o problemă de preparare. O dată realizată o astfel de structură, ionii liberi pot fi înlocuiți prin alții cu aceeași sarcină, din soluție. Schimbul se face, menținîndu-se permanent neutralitatea ansamblului.

Schema instalației de desalinare a apei cu ajutorul schimbătorilor de ioni: cationiți și anioniți

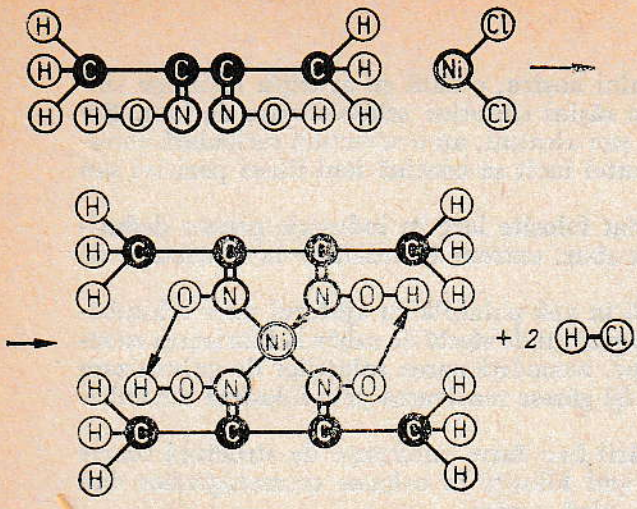


În deceniul al patrulea al veacului nostru, o dată cu apariția rășinilor sintetice, s-a început prepararea de rășini sintetice schimbătoare de ioni. Ele sînt insolubile în solvenți acizi sau alcalini, au o structură reticulară corespunzătoare și pot fi preparate astfel încît să conțină ioni liberi pozitivi sau negativi.
Rășinile schimbătoare de ioni sînt folosite larg în industrie pentru dedurizarea apei necesare cazanelor cu abur, extrem de sensibile la conținutul de ioni de magneziu și calciu.
Apa salină poate fi transformată în apă potabilă cu ajutorul unor schimbători de ioni potriviți. Purificarea sucului de sfeclă de zahăr la fabricarea zahărului, purificarea medicamentelor, recondiționarea soluțiilor de galvanizare și zeci de alte probleme tehnice își găsesc rezolvarea prin folosirea schimbătorilor de ioni.
În domeniul analizei, al separării fine între substanțe de structură foarte asemănătoare, schimbătorii de ioni folosiți în coloane cromatografice dau cele mai bune rezultate atinse pînă astăzi.
Chimiștii încearcă să împingă metoda spre limite tot mai înalte de putere separatoare. Ei își propun să surprindă cîteva molecule sau atomi străini într-un miliard de particule.
Metoda cromatografică cu schimbători de ioni are astăzi aplicații în cele mai diferite domenii ale chimiei analitice. Separarea pămînturilor rare, analiza unor substanțe complexe cum sînt proteinele, dar și a unor molecule simple, cum sînt hidrocarburile, analiza vitaminelor, a hormonilor, folosesc această metodă elegantă, rapidă și eficientă.
Aplicarea cromatografiei la analiza gazelor a determinat dezvoltarea unor metode continue de analiză cromatografică, utilizată pe scară largă în industria petrolieră și chimică.
Se fabrică astăzi peste 700 de tipuri de cromatografe industriale, dintre care cele mai noi, cu înregistrare directă a rezultatului analizei.

Complexometria

Lui Lev Alexandrovici Ciugaev[1] (1873—1922), chimist anorganician, i se datorește o altă metodă analitică, la a cărei dezvoltare — pe plan mondial — a contribuit romînul acad. Gheorghe Spacu (1883—1955) și care și-a găsit, în ultimii ani, sub numele de complexometrie, nenumărate aplicații.
În anul 1905, Ciugaev efectua lucrările experimentale pentru teza sa de doctorat. Opera cu derivați organici ai metalelor; printre aceștia cu organomagnezienii, compuși care cuprind în molecula lor un atom de magneziu și unul de halogen (fluor, clor brom sau iod). Urmărind reacțiile acestor derivați cu diferitele clase de corpi organici, ca alcoolii și aminele, Ciugaev, demonstrează experimental că fiecare moleculă de derivat organomagnezian

[1] Fiul unui profesor de fizică, termină Universitatea din Moscova în anul 1895. Își susține teza de magister în anul 1903, cu titlul: *Studiul terpenelor și camforului*. Cu teza *Cercetări în domeniul combinațiilor complexe* el obține în 1906 titlul de doctor în științe. Începînd din anul 1908 a fost profesor de chimie neorganică la Petersburg.



Dimetil glioxima nichelului

combinîndu-se cu o moleculă de alcool sau de derivat organic al amoniacului, eliberează o moleculă de metan, rezultată din legarea radicalului metil al derivatului organomagnezian cu un atom de hidrogen eliberat de substanța luată în reacție. Măsurînd cantitatea de metan degajată din reacție se poate deci stabili numărul de grupe care sînt în stare să elibereze în aceste condiții un atom de hidrogen. Aceasta însemna pur și simplu numărarea grupelor alcoolice (–OH), amidice, (–CO–NH_2), imidice (—CO—NH—) etc. dintr-o substanță organică. Era un mijloc chimic de cercetare a structurii unor clase importante de corpi organici. Ciugaev a propus această metodă, iar elevul său F.V. Țerevitinov — a elaborat-o în amănunt.

În urma cercetărilor sale, Ciugaev descoperă o substanță frumos cristalizabilă necunoscută pînă la el: dimetilglioxima. Această substanță dă cu nichelul un precipitat puternic colorat, roșu-aprins. Reacția este atît de sensibilă, încît ea îngăduie descoperirea urmelor de nichel (în concentrație de 1 parte nichel la 400 000 părți apă). Și aceasta, chiar dacă în aceeași soluție, împreună cu nichelul, se găsește și fratele său chimic, cobaltul. „Reacția lui Ciugaev" deschidea o cale nouă, impunea o idee analitică nouă: găsirea unor reactivi organici, specifici pentru fiecare element, care să fie capabili să separe elementul urmărit din combinații, și să-l lege chimic, astfel încît elementul să poată fi identificat și dozat prin culoarea și greutatea combinației dintre elementul căutat și reactivul folosit.

Aceasta însemna posibilitatea descoperirii unui element, în prezența altora, fără necesitatea separării prealabile a elementelor. Era un drum nou pentru analiza organică.

Evident că o asemenea cale n-a mai fost părăsită. Cercetările făcute pentru a explica combinația dintre reactivul lui Ciugaev și nichel, au dus la ipoteza că două molecule de dimetilglioximă prind ca într-un clește atomul metalic, dînd o sare complexă internă. Combinațiile acestea (după ce s-au descoperit multe asemenea combinații) au căpătat numele plastic de „combinații chelatice" (*kela* = clește în limba greacă).

Nichelmetilglioxima lui Ciugaev a fost cercetată timp de zeci de ani. I s-au aplicat în anul 1932 metodele de calcul ale teoriei mecanicii cuantice. A fost supusă analizei cristalografice cu raze X. Aceste cercetări teoretice și experimentale au confirmat structura chelatică a nichelmetilglioximei.

Gheorghe Spacu descoperă o serie de noi reactivi organici pentru analiza anorganică și printre ei „mercaptobenztiazolul", cunoscut în toată lumea sub numele de „reactiv Spacu". Laboratoarele universităților din Hanovra

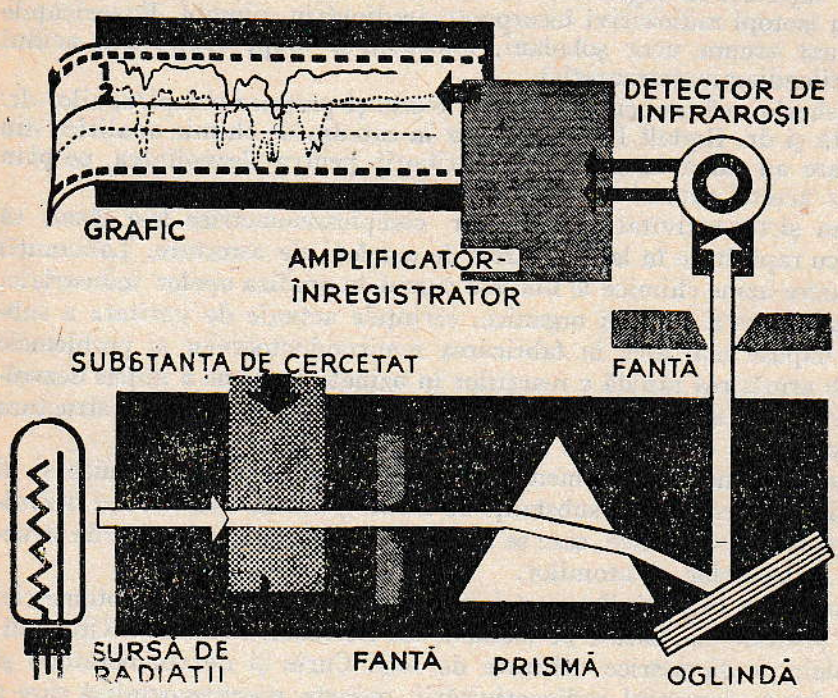
și Göttingen, ale Institutului Pasteur din Paris și Rockefeller din New York folosesc metodele analitice rapide stabilite de Spacu.
După strălucitele experiențe ale lui Ciugaev și Spacu, prin care organica era chemată să servească analiza anorganică, ridicîndu-i specificitatea și sensibilitatea, o serie de cercetători germani, elvețieni și cehi au dezvoltat capitolul de analiză cunoscut sub numele de *complexometrie* (sau complexonometrie sau chelatometrie).
Între 1930—1940, „I.G. Farbenindustrie" brevetează o serie de reactivi organici pentru analiza anorganică: „trilonii"[1].
Elvețianul G. Schwarzenbach din Zürich studiază în 1945 acizii amino-policarboxilici (alfa-aminoacizi, la azotul cărora este legată o a doua grupă carboximetilică), pe care îi introduce în analiza anorganică sub numele de complexoni.
Acești reactivi organici „complexează" cationii, prinzîndu-i în rețeaua lor moleculară. Complexarea selectivă își găsește astăzi un uriaș domeniu de aplicare nu numai în analiza chimică (unde este combinată cu metodele gravimetrice, volumetrice, colorimetrice, polarografice și cromatografice), dar și în biologie și medicină, la tratamentul intoxicațiilor produse de izotopi stabili și radioactivi ai metalelor. Sub conducerea lui D.I. Semionov, s-au efectuat între anii 1949—1953 o serie de cercetări asupra efectului complexonilor injectați în organisme, în reducerea depunerii în țesuturi a unor metale sau izotopi radioactivi încorporați (radioytriu, plumb). Experiențele s-au efectuat asupra unor șobolani, folosindu-se drept complexon acidul EDTA (etilendiaminotetraacetic).
În R.S. Cehoslovacă, se ocupă astăzi de teoria și practica complexonilor dr. Jiři Koryta și dr. Rudolf Přibl (profesor la catedra de chimie analitică din Praga), care au adus interesante contribuții pentru dezvoltarea, pe plan mondial, a acestei ramuri a chimiei analitice.
Simplitatea și operativitatea metodelor complexonometrice le-a făcut să pătrundă cu rapiditate în laboratoarele de uzină și de cercetare. Laboranții noilor noastre uzine chimice le folosesc curent în analiza apelor industriale.
Uriașa dezvoltare a sintezei organice, cerințele actuale de puritate a substanțelor impuse mai ales în fabricarea semiconductoarelor și problemele ridicate de urmărirea rapidă a reacțiilor în uzinele moderne a impus dezvoltarea unor metode analitice care să dezvăluie structura moleculară, structura intermoleculară și descoperirea urmelor de impurități.
Cunoștințele dobîndite în domeniul structurii moleculare și atomice și al raportului dintre radiații și substanțe au făcut posibilă apariția sau dezvoltarea unor metode analitice, care se bazează pe caracteristicile fine de structură ale moleculelor și atomilor.
Au fost amintite în paginile acestei lucrări începuturile spectrofotometriei de emisie și absorbție, bazate pe lucrările lui Herschel, Bunsen și Kirchhoff, ale metodelor radiometrice utilizate de soții Curie și de colaboratorii și succesorii lor în domeniul radioactivității, metoda roentgenografică care a mijlocit și ea descoperirea unor elemente noi.

[1] Trilon A = sarea de sodiu a acidului trimetilaminotricarboxilic;
Trilon BS = acidul etilendiaminotetraacetic.

Toate aceste metode au devenit astăzi curente în laboratoarele de cercetări și de uzină, iar unele dintre ele — ca de pildă spectrofotometria în infraroșu — s-au materializat în aparate continue folosite la supravegherea proceselor de producție în uzine.

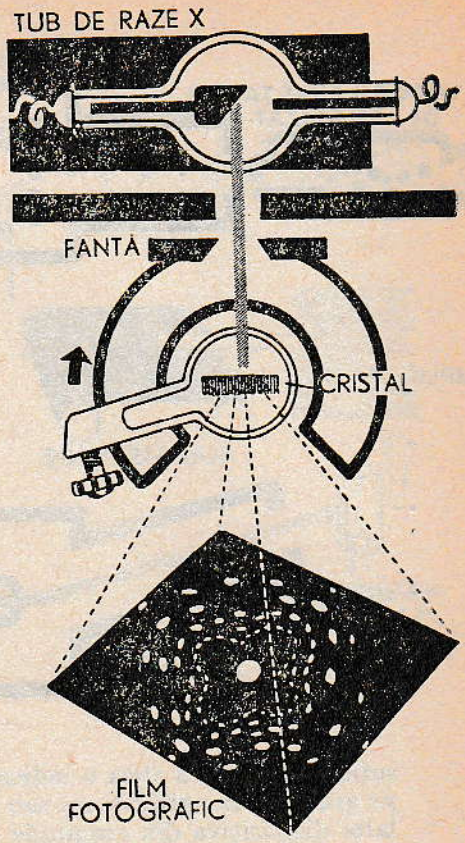
Analiza spectrală

Metodele spectrometrice se bazează pe caracterul discontinuu, cuantic, al mișcărilor nucleelor atomice, ale electronilor și ale moleculelor.
Nucleele atomilor din molecule pot efectua mișcări de rotație în jurul centrului de greutate al moleculei și mișcări de vibrație în jurul cîtorva poziții de echilibru. Spectrele de emisie ale moleculei excitate pot fi deci spectre de rotație (datorite rotației nucleului atomic), de vibrație și electronice. Studiul spectrelor moleculare de emisie și absorbție a mijlocit pătrunderea în edificiul molecular. Un adevărat alfabet spectral îngăduie „citirea" structurii moleculare. Frecvențe bine definite ale spectrelor corespund, de pildă, unor radicali sau legături organice. Apariția acestor frecvențe caracteristice dezvăluie existența unui grup atomic ca: OH, NH_2, NO_2, CO, C_6H_5, $C \equiv C$, $C = O$, C—H etc.



Schema dispozitivului de analiză în infraroșu. Pe hîrtia înregistratorului se pot compara spectrele de absorbție, asemănătoare și totuși diferite, ale alcoolului etilic (1) și eterului metilic (2) care au aceeași formulă brută: C_2H_6O

Obținerea roentgenogramelor prin procedeul Laue



Așadar, influența reciprocă dintre radiațiile electromagnetice și substanță dezvăluie natura substanței, dacă este bine cunoscută radiația și legile acestei influențe reciproce.

Or, radiația se caracterizează prin frecvență.

Obligată să emită radiațiile proprii structurii ei sau să „selecteze" dintr-un fascicul de radiații de diferite frecvențe pe cele corespunzătoare structurii sale, substanța se „demască", fiecare frecvență devine o cheie care se potrivește numai la o anumită broască. „Broasca" este un anumit amănunt al structurii moleculare.

Aceste metode subtile de analiză nu sînt folosite numai pentru descifrarea unor probleme de structură, în laboratorul de cercetare. Aparate produse în serie se bazează, de pildă, pe principiul absorbției selective în infraroșu.

Caracteristic pentru metodele spectrofotometrice este că ele se bazează pe legăturile chimice inter și intramoleculare și pe influența reciprocă: lumină — substanță.

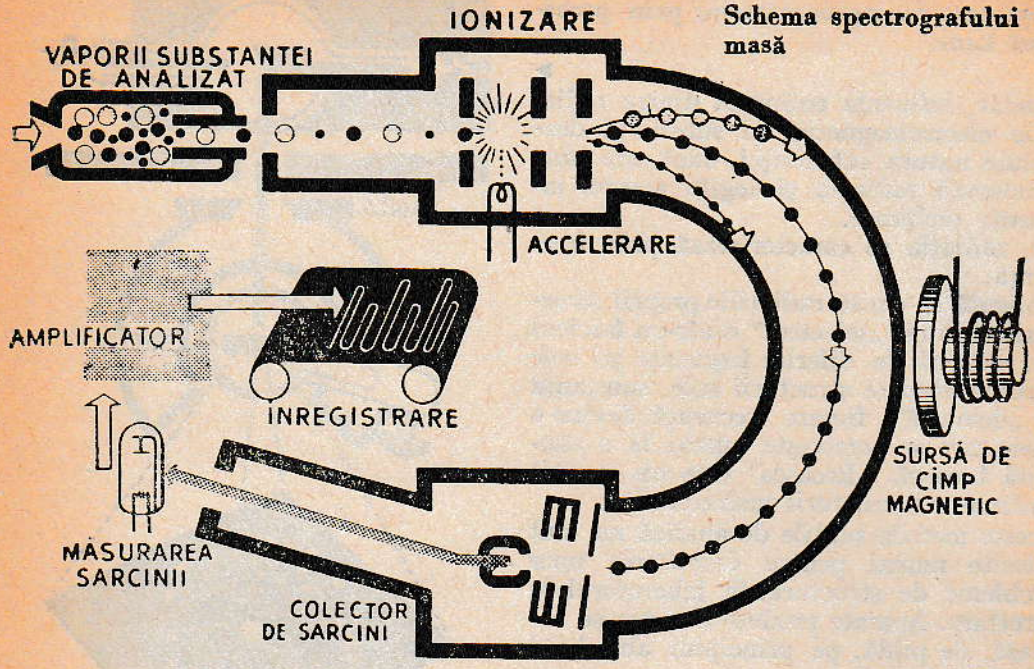
Spectrometria de masă, folosită astăzi nu numai la determinarea izotopilor radioactivi și stabili, ci și la analiza de mare precizie a amestecurilor gazoase, se bazează pe o caracteristică a particulelor elementare sau neelementare; raportul dintre sarcina electrică și masă.

Iată, de pildă, principiul de funcționare al unui spectrometru de masă pentru analiza compoziției gazelor.

Gazul de analizat este introdus într-o cameră de ionizare unde presiunea este suficient de redusă pentru a preveni ciocnirile între molecule. În această cameră, moleculele sînt bombardate cu electronii emiși de un filament încălzit, fiind astfel transformate în ioni pozitivi. Ionii formați sînt accelerați cu ajutorul unei diferențe de potențial de aproximativ 100 sau 200 volți. Proiectați în camera de analiză, ionii sînt supuși acțiunii unui cîmp magnetic, fiind astfel deviați de pe traiectoria lor inițială, dreaptă. Particulele de masă mai mare sînt mai puțin deviate, cele de masă mai mică sînt deflectate mai mult. Se realizează astfel o separare a ionilor după masa lor. Colectorul va capta numai ionii unui anumit gaz, mișcîndu-se pe o anumită traiectorie.

Variind tensiunea de accelerare, fasciculele de ioni ale diferitelor gaze pot fi colectate separat.

Colectorul este conectat la un amplificator foarte stabil, care mărește intensitatea semnalelor electrice slabe emise de șocurile ionilor, pînă la un nivel



Schema spectrografului de masă

suficient pentru a avea o indicație directă a numărului de ioni pe contoare, pe graficele înregistratoare sau pentru a declanșa servomecanismele și celelalte dispozitive din circuitele de reglare automată.

Cantitățile relative ale tuturor ionilor care intră în compoziția unei substanțe, înregistrate pe un grafic, alcătuiesc „spectrul de masă" al substanței.

În spectrometrele de masă moderne, putem întîlni un cîmp electrostatic suplimentar față de cel magnetic. Cîmpul electrostatic deviază ionii după traiectorii cicloidale. Reglînd cîmpul electrostatic, se dirijează selectiv ionii spre colector. Pe această cale se obține o lărgire a limitelor spectrului de masă (pînă la limitele 12—150 unități de masă moleculară).

Se mai folosesc spectrometre cu cîmp magnetic combinat cu un cîmp electric, care vibrează cu o frecvență radio. În cîmpul electric vibrant, ionii au o mișcare în spirală. Numai ionii care au o astfel de masă, încît vibrează în fază cu cîmpul electric, pot atinge colectorul; variind frecvența, se aduc pe colector ionii de diferite mase.

În circuite de reglare automată a fluxului tehnologic se pot integra spectrometre de masă capabile să conducă procesul pe baza urmăririi continue a concentrației. Aparatura spectrometrelor de masă nu mai seamănă de loc cu cea clasică a chimistului analist. Intervin dispozitive magnetice, electrice, electronice: generatoare de cîmpuri, dispozitive de variere a frecvenței, amplificatori electronici etc.

Complexitatea nu se oprește aici.

Astfel, de pildă, spectrometrele de rezonanță nucleară presupun cele mai robuste și sensibile dispozitive de stabilizare a cîmpurilor magnetice, pe care numai dezvoltarea tehnicii radar le-a creat.

Spectrometria de rezonanță nucleară se bazează pe efectele perturbatoare ale învelișurilor electronice asupra proprietăților magnetice (moment magnetic) ale nucleelor atomilor.

În 1924, fizicianul elvețian Wolfgang Pauli explica structura „hiperfină" din spectrele optice prin efectele perturbatoare datorite momentului magnetic al nucleelor din atomi. Au urmat încercări de a determina cu precizie maximă momentele magnetice nucleare. Așa s-a ajuns la descoperirea, pe cale experimentală, a efectelor perturbatoare ale moleculei asupra momentului magnetic nuclear. Învelișul electronic al atomilor și moleculelor, factor de structură de care sînt legate proprietățile chimice ale substanței, are efect perturbator asupra caracteristicilor magnetice ale nucleului. Această influență este tipică pentru fiecare moleculă; numai că ea este extrem de mică: de ordinul a 1—3 părți la un milion. Pentru a sesiza asemenea abateri infime, pentru a le surprinde și exprima grafic, sînt necesare dispozitive de precizie corespunzătoare. Eforturile pentru realizarea unor astfel de dispozitive sînt justificate prin informațiile obținute pe această cale, informații despre structura chimică a unor substanțe de o extraordinară complexitate. Efectul perturbator al structurii asupra momentului magnetic al nucleelor a fost pus în evidență prin fenomenul de *rezonanță magnetică nucleară*, cunoscut azi sub inițialele R.M.N. și observat pentru întîia oară experimental în anul 1946.

Iată în ce constă acest fenomen: dacă o substanță diamagnetică[1] este plasată într-un punct magnetic uniform și apoi se acționează asupra cîmpului uniform cu un cîmp magnetic variabil, atunci substanța manifestă capacitatea de a absorbi energie din energia cîmpului magnetic variabil. Absorbția de energie nu se produce decît la o anumită valoare a frecvenței cîmpului variabil, „frecvența de rezonanță". Este evident că fenomenul este legat de caracteristicile magnetice ale nucleelor atomice. Este efectul interacțiunii dintre cîmpurile magnetice ale nucleelor atomilor și cîmpul exterior variabil. Acest efect de interacțiune nu se poate pune în evidență decît dacă substanța se găsește într-un cîmp magnetic uniform, asupra căruia se acționează cu un cîmp magnetic variabil.

Radiotehnica oferă mijloacele de a pune în evidență absorbția de rezonanță. Ea apare sub forma unor curbe pe osciloscop. Variind frecvența cîmpului magnetic variabil și urmărind cu un aparat frecvența, momentele în care apare absorbția, obținem un „spectru de absorbție". Metoda aceasta de cer-

[1] Orice substanță se încadrează — din punctul de vedere al interacțiunii cu un cîmp magnetic — în una din aceste trei clase: a) paramagnetice, b) diamagnetice, c) feromagnetice. Substanțele paramagnetice plasate în partea neomogenă a unui cîmp magnetic sînt atrase și se mișcă spre regiunea de intensitate maximă a cîmpului; substanțele diamagnetice sînt deplasate spre regiunea de intensitate minimă. Substanțele feromagnetice plasate într-un cîmp omogen sînt atrase spre unul din polii magnetului care generează cîmpul. Plasate în cîmp omogen, substanțele para și diamagnetice nu suferă nici o influență macroscopic observabilă. Privite la scara atomică, substanțele se prezintă ca niște dipoli magnetici. Nucleele atomice care sînt dipoli magnetici puternici, caracterizează substanțele feromagnetice (fier, cobalt, nichel etc.). Ele au un moment magnetic pozitiv de valoare mare. Nucleele substanțelor paramagnetice sînt dipoli slabi cu moment magnetic pozitiv și de valoare mică. Nucleele diamagneticelor sînt dipoli cu moment magnetic negativ, de mică valoare.

cetare poartă numele de spectrografie de rezonanță magnetică nucleară. Trecînd peste tratarea matematică în cadrul mecanicii cuantice a fenomenului de rezonanță, putem obține o imagine a interacțiunii dintre cîmpul variabil exterior și nuclee (respectiv protonii constituenți ai nucleelor) referindu-ne la un titirez subțire. În cîmpul gravitațional, titirezul execută o dublă mișcare de rotație: una în jurul axei sale și alta în jurul verticalei la punctul de sprijin al titirezului (mișcare giroscopică). Dacă titirezul nostru ar purta un magnet, atunci pentru a influența mișcarea sa ar trebui să rotim împrejurul său un magnet cu o rotație care să se potrivească cu rotația titirezului. Cu alte cuvinte, frecvența de rotire a magnetului rotitor exterior ar trebui să fie aceeași cu frecvența de rotire a titirezului. Sincronismul lor ar fi o condiție ca titirezul să fie prins în zona de atracție a magnetului rotitor. Rotindu-se prea repede sau prea încet, magnetul exterior „scapă" titirezul. Titirezul în cîmpul de atracție a pămîntului este un model pentru protonul din nucleul atomic care se rotește într-un cîmp magnetic constant aplicat substanței. Magnetul exterior care se rotește în concordanță cu titirezul este imaginea cîmpului magnetic variabil cu frecvențe de rezonanță, aplicat perpendicular la cîmpul constant.

Instalațiile de rezonanță magnetică nucleară cuprind un magnet permanent care realizează cîmpul magnetic uniform, un generator electronic (oscilator) de înaltă frecvență (pentru producerea cîmpului magnetic variabil), dispozitive electronice de recepție a semnalelor de absorbție a energiei, dispozitive de amplificare a acestor semnale etc. Pe ecranul unui osciloscop obținem curbele caracteristice ale fenomenului de absorbție a energiei de rezonanță. S-au putut studia cu ajutorul spectrului de rezonanță nucleară amănunte ale structurii moleculare nesesizabile pe altă cale; s-au putut stabili caracteristici ale soluțiilor polimere (lucrări efectuate începînd din anul 1959). Metoda dă posibilitatea cercetării substanțelor fără a le modifica.

Pe lîngă fenomenul de rezonanță magnetică nucleară se cunoaște fenomenul de rezonanță magnetică electronică. Combinînd cele două fenomene s-a creat metoda dublei rezonanțe electrononucleare, utilizabilă la substanțe paramagnetice (cu momente magnetice de 1 000 de ori mai mari decît momentele magnetice ale nucleelor substanțelor diamagnetice).

Graficele obținute cu aparatele de rezonanță nucleară și electrononucleară sînt adevărate coduri ale structurii chimice. Produsele naturale de o complexitate deosebită sînt silite să-și „povestească" structura.

Metodele spectrometrice, fie ele spectrofotometrice, fie ele de masă sau de rezonanță nucleară și electronică se adresează structurii intramoleculare, ceea ce determină caracterul discontinuu, spectral, al efectelor. O asemenea metodă este și aceea bazată pe *difuzia combinată a luminii*[1].

[1] Fenomen descoperit concomitent (în anul 1928) de L.I. Mandelstamm și G.S. Landsberg în U.R.S.S. și de Chandra Raman în India (Premiul Nobel pentru fizică, 1930). La iradierea unui corp gazos, lichid sau solid, se observă în lumina difuzată de corp — alături de liniile proprii spectrului sursei — alte linii deplasate în raport cu cele dintîi, caracteristice pentru substanțele iradiate. Aceste linii spectrale suplimentare sînt simetrice față de linia fundamentală a luminii incidente.

Mărimi caracteristice de material

O altă serie de metode analitice se adresează unor proprietăți globale, medii, ale substanței. Ele se referă la structura intra- și intermoleculară în același timp și le exprimă prin mărimi caracteristice. *Indicele de refracție, densitatea, viscozitatea, susceptibilitatea paramagnetică, conductibilitatea termică, viteza de difuzie* etc. sînt astfel de caracteristici globale.

Fiecare din mărimile de mai sus stă la baza unei metode analitice. Metoda refractometrică, de pildă, se bazează pe cunoscutul efect de schimbare a vitezei luminii la trecerea ei dintr-un mediu în altul. Indicele de refracție (raportul dintre sinusul unghiului de incidență și al unghiului de refracție) este o caracteristică a substanței, a ansamblului molecular, iar *refracția moleculară* este o caracteristică moleculară, care poate fi calculată prin însumarea refracțiilor atomice, tot așa cum volumul molecular poate fi calculat prin adiția volumelor atomice.

De fapt, refracția moleculară nu este riguros aditivă. Ea este o măsură a polarizabilității moleculare, noțiune prin care se înțelege efectul mobilității sarcinilor electrice ale moleculelor sub acțiunea unui cîmp electric exterior (excitare datorită luminii, cîmpului electric al unei alte molecule etc.). Or, polarizabilitatea nu depinde numai de atomi, ci și de legăturile dintre ei, legături care deformează cîmpul electric al fiecărui atom în parte.

Au fost stabilite corecții de calcul pentru obținerea refracției moleculare pornind de la refracțiile atomice, corecții care țin seama tocmai de efectul legăturilor interatomice.

Între refracția moleculară, indicele de refracție, densitate și greutatea moleculară au fost stabilite relații simple, care fac posibilă calcularea refracției moleculare, pornind de la indicele de refracție măsurat cu ajutorul obișnuitelor refractometre de laborator.

Avem astfel la îndemînă un mijloc simplu pentru obținerea unei caracteristici moleculare esențiale. Valoarea refracției moleculare permite adesea să se precizeze structura moleculară a unei substanțe necunoscute; ea este, în același timp, un indiciu prețios pentru puritatea substanței. Posibilitatea folosirii refracției moleculare sau direct a indicelui de refracție drept criteriu de puritate a dus la crearea unor aparate cu indicație continuă, care permit urmărirea—în cursul fabricației—a procesului de purificare a substanțelor.

Măsurarea *densității* are o istorie veche.

Numele unei femei celebre a antichității este pomenit în legătură cu primul areometru. Este vorba despre Hipatia, celebră matematiciană, fiică a matematicianului Teon, ucisă cu prilejul persecuțiilor organizate de clerul creștin împotriva savanților păgîni. Într-o scrisoare din anul 400 către Hipatia, Sinesios, episcop de Ptolemais, amintește pentru întîia oară despre un aparat cu numele de barilium, care avea o construcție asemănătoare cu aceea a unui areometru cu scară din zilele noastre. După cuprinsul scrisorii lui Sinesios, rezultă că aparatul fusese inventat cu puțină vreme înainte de anul 400. Nevoia de precizie în măsurarea densității, această caracteristică esențială de material[1], a

[1] Caracteristicile sau mărimile de material derivă din „legile de material", legi care, spre deosebire de legile fenomenelor fizice generale (ale mișcării mecanice, magnetice, electrice, chimice, biologice), se referă la comportarea materialelor (densitate, elasticitate, conducerea căldurii, dilatare etc.).

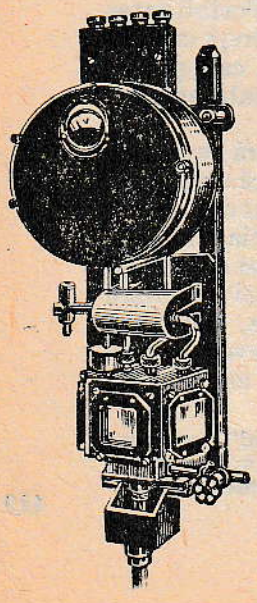
dus la inventarea picnometrului și la dezvoltarea balanței hidrostatice ca instrument etalon de măsurare a densității, pe principiul stabilit de Arhimede. Nesfîrșite șiruri de determinări ale densității lichidelor, gazelor și solidelor au dus la acele tabele de valori ale densității substanțelor anorganice și organice, la temperaturi și presiuni diferite. Valorile sînt date cu trei, patru, cinci sau chiar șase zecimale.

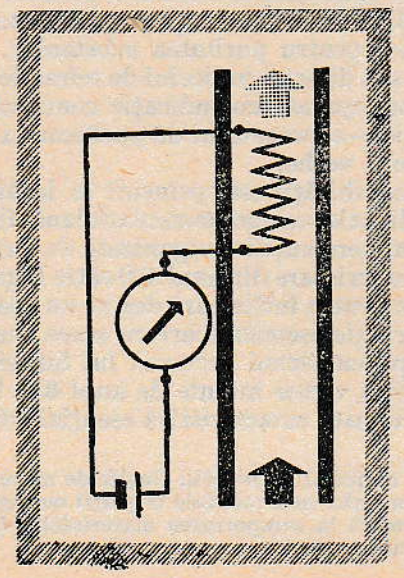
Pentru gaze și vapori, densitatea îngăduie stabilirea imediată a greutății moleculare. Alături de indicele de refracție, densitatea reprezintă un criteriu de puritate a substanțelor. În controlul fabricației, ea este unul dintre cei mai prețioși indici de calitate. La amestecurile de alcool și apă, densitatea exprimă imediat concentrația în alcool a soluției; și la fel, pentru acizi sau baze. Așa se explică larga utilizare a criteriului densitate în cercetare și producție. Așa se explică apariția aparatelor care indică în mod continuu densitatea, în conductele și recipienții instalațiilor industriale.

Problema măsurării continue a densității și-a găsit soluții ingenioase prin simplitatea lor și prin adaptabilitatea la controlul și reglarea procesului de producție. Sistemul de măsurare *fotoelectric* al densității cuprinde un densimetru cu ecran opac, o *fotocelulă* (tub fotoelectronic), o sursă care emite continuu un fascicul luminos și aparatele obișnuite de amplificare a curenților, de indicare sau înregistrare a valorilor instantanee.

Într-un vas care servește ca incintă de măsurare și prin care circulă continuu curentul de lichid controlat, plutește densimetrul. Un fascicul luminos lovește ecranul densimetrului. La densitate minimă, densimetrul este cufundat mai adînc în lichid, iar fasciculul luminos nu mai întîlnește ecranul. Fasciculul dă un curent maxim. Pentru densitatea cea mai mare, ecranul împiedică complet fasciculul; curentul este minim. Fiecărei poziții intermediare a densimetrului îi corespunde o anumită valoare a curentului fotoelectric. Intensitatea curentului, măsurată și înregistrată cu mijloace obișnuite, este măsura densității. Mărimea de măsurat, densitatea, a fost convertită astfel într-o mărime ușor măsurabilă: curent electric. Este principiul general al „traductorilor" aparatelor de măsurat.

La metoda bazată pe sistemul *variației inductanței*, densimetrul poartă o armătură feromagnetică, care alcătuiește miezul unei bobine plasate la exteriorul vasului de măsurat. Induc-





Aparat bazat pe conductibilitatea termică a gazelor. Măsoară concentrația unor gaze (CO_2, SO_2) folosind ca traductor un fir încălzit electric, montat într-un circuit de măsurări a tensiunii electrice. Peste firul sensibil la variații de temperatură curge gazul de analizat

tanța bobinei este funcție de poziția miezului, deci a corpului care plutește (densimetrul), deci a densității lichidului. Diferitele valori ale inductanței se convertesc ușor — prin intermediul unei punți electrice — în tensiuni electrice. Valorile tensiunii sînt indicate de un milivoltmetru. Densitatea se exprimă astfel în tensiune electrică.

O sursă de radiații gama, coloana de circulație a lichidului de cercetat și un contor de impulsuri alcătuiesc piesele sistemului de măsurare a densității bazat pe *principiul absorbției de raze gama*.

Sistemele de măsurare continuă a densității bazate pe cîntărire, cu flotor echilibrat sau sistemul pneumatic cuprind și ele dispozitive de convertire a densității în mărimi electrice, direct măsurabile.

Alături de densitate, *viscozitatea* substanțelor reprezintă un mijloc esențial de verificare analitică și de control al producției.

În anul 1687, Newton pune bazele teoriei științifice a viscozității. Celebrele experiențe ale lui J.L.M. Poiseuille, care cerceta cauzele curgerii sîngelui în vasele capilare (în anul 1846) — după cercetările teoretice ale lui L.M.H. Navier (1823), ale lui G. G. Stokes, S. D. Poisson, M. V. Ostrogradski, — duc la descoperirea legii curgerii prin capilare și cu aceasta la întemeierea celei mai simple și mai general folosite metode de măsurare a viscozității. (Viteza de curgere prin capilar este proporțională cu puterea a patra a razei capilarului și cu diferența de presiune dintre cele două capete ale tubului și invers proporțională cu lungimea tubului capilar și viscozitatea fluidului.) Au urmat cercetările lui J.E. Hagenbach (1861), Couette, Osborne, Reynolds etc. Au apărut instrumente de măsurat viscozitatea pe baza determinării vitezei de cădere a unei bile într-un tub umplut cu substanța de cercetat, pe baza influenței viscozității asupra mișcării relative a unor cilindri rotitori coaxiali, asupra amplitudinii unor corpuri oscilante sau vibrante.

Începînd cu deceniul al treilea al secolului nostru, s-a născut o disciplină nouă: reologia. Punctele de vedere din care sînt privite substanțele de această disciplină sînt: curgerea și deformarea sub acțiunea unor forțe exterioare. Or, toate substanțele din natură suferă deformări continue, deci curg, în anumite condiții. Cînd este supus unei presiuni suficient de mari și astfel orientat încît să fie evitată depășirea limitei de rupere, orice corp curge. Curg nu numai gazele și lichidele, ci și corpurile aparent rigide, cum sînt ghețarii. Rocile litosferei se deformează și ele continuu.

Dacă reologia este disciplina științifică care studiază substanțele din punctul de vedere al curgerii, reometria este tehnica măsurărilor reologice.

„Spectrul de viscozitate" al substanțelor pornește de la viscozități de ordinul 10^{-2} centipoise[1] (gaze, vapori la temperaturi obișnuite) și merge pînă la 10^{24} centipoise. Între aceste limite, lichidele „mobile" ca eterul sau acetona, se găsesc la cifre de ordinul 0,3...0,4 centipoise la 20°C, apa la aproximativ 1 centipoise, uleiurile minerale la cifre între 3 și cîteva mii de centipoise, glicerina la 1 400 centipoise, uleiurile siliconice la cîteva zeci pînă la 1 milion de centipoise, siropul cofetarilor la 10 000 000 de centipoise, ghețarii naturali (la temperatura lor de existență) la o cifră de ordinul 10^{14} centipoise, iar pie-

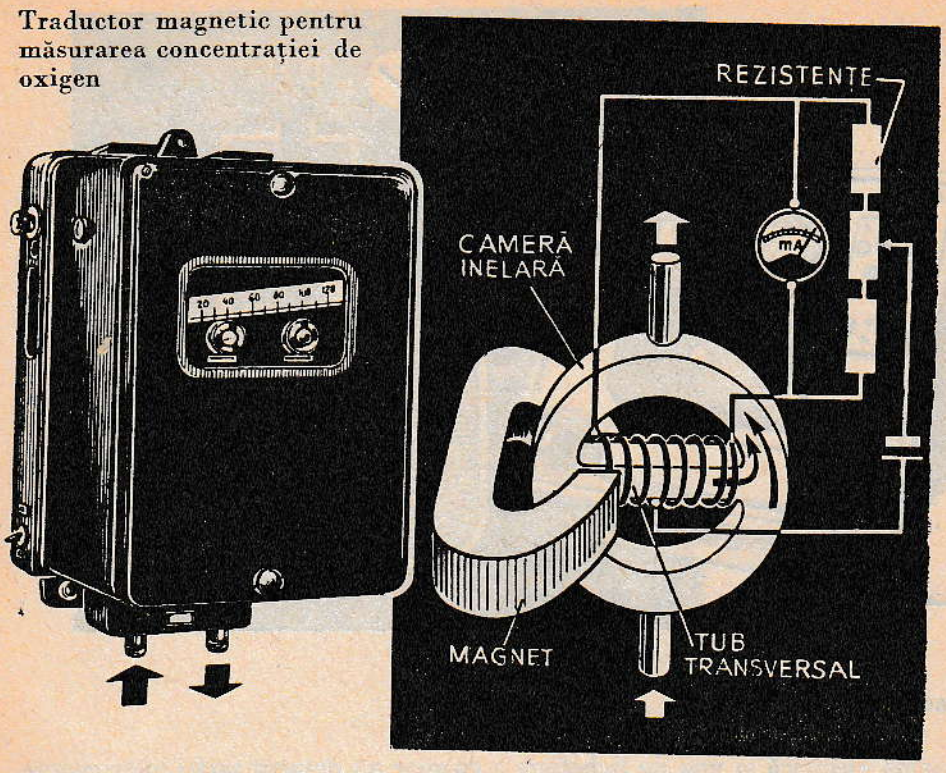
[1] Unitățile curente de măsură a viscozității sînt poisa (nume derivat de la Poiseuille) și submultiplii ei, centipoisa, în sistemul C.G.S. (centimetru, gram, secundă). Viscozitatea apei la 20°C este 1,003 centipoise.

trele la circa 10^{24} centipoise. Rășinile naturale și artificiale, sticla, bitumul, masele de fontă topită, masele ceramice, chiturile, aluaturile se găsesc în domeniul $10^{6}...10^{12}$ centipoise.
Reometria dă noi posibilități de cercetare analitică a substanțelor; mai ales a soluțiilor coloidale și a polimerilor, tocmai acele substanțe a căror prezență în tehnica nouă justifică pentru epoca actuală denumirea de „eră a materialelor plastice și a coloizilor".
Ca și în cazul densității, au apărut și au intrat în uzină viscozimetre cu indicare continuă, integrabile în circuitele de reglare automată; au fost construite tot felul de aparate reometrice cu denumiri care încearcă să indice funcția lor, ca de pildă: tixotrometrul, reogoniometrul etc.
Fenomene cercetate de mult, care păreau atît de greu sesizabile încît puțini erau aceia care se încumetau să le reproducă, au devenit principii curente de determinare analitică.
Un exemplu caracteristic îl prezintă „vîntul magnetic" descoperit de Faraday. Este vorba despre efectul unui cîmp magnetic neomogen asupra gazelor paramagnetice, al căror reprezentant caracteristic este oxigenul. Aparatele de măsurat concentrația oxigenului în gazele de ardere, bazate pe *susceptibilitatea paramagnetică*, sînt astăzi aproape comune în marile uzine, ca și cele de măsurat concentrația acetilenei, bazate pe *principiul absorbției în infraroșu*.

Metode magnetice

Fizicianului sovietic P.L. Kapița i se datoresc metodele actuale de cercetare magnetică a caracteristicilor fizice ale metalelor.
Lucrările lui Kapița dintre anii 1924—1933 constituie unul din exemplele metodelor experimentale de tipul veacului al XX-lea, care presupun pe lîngă siguranța teoretică, precizia maximă, masivitatea și puterea instalațiilor. O adevărată uzină își face intrarea în laborator.
Caracteristica esențială a metodei fizicianului P.L. Kapița constă în trecerea unui curent electric de mare intensitate printr-o bobină, pentru o durată de ordinul sutimii de secundă, timp în care se efectuează experiența. Obiectul supus experienței este un metal, care s-ar topi și s-ar volatiliza dacă s-ar lăsa curentul să acționeze mai multă vreme.
Așadar, se urmărește răspunsul metalului la intense acțiuni electromagnetice în fracțiuni de secundă. Dar pentru aceasta este nevoie de generatoare puternice de curent, de sisteme automate de introducere și retragere a probei, de instrumente pentru înregistrarea efectelor.
La început, Kapița a folosit baterii puternice de acumulatori care se încărcau încet și se descărcau brusc. După primele rezultate obținute, a înlocuit bateriile de acumulatori printr-un turbogenerator de curent alternativ monofazic de 2 000 kilowați putere. Energia produsă, înmagazinată ca energie cinetică în rotorul generatorului, se eliberează ca energie electrică în momentul scurtcircuitării cu bobina, în interiorul căruia se găsește proba de material cercetată. Un comutator automat închide circuitul în momentul cînd forța electromotoare este nulă și-l deschide la prima efectuare a unei jumătăți de ciclu. Această jumătate de ciclu a curentului alternativ se petrece într-o

Traductor magnetic pentru măsurarea concentrației de oxigen



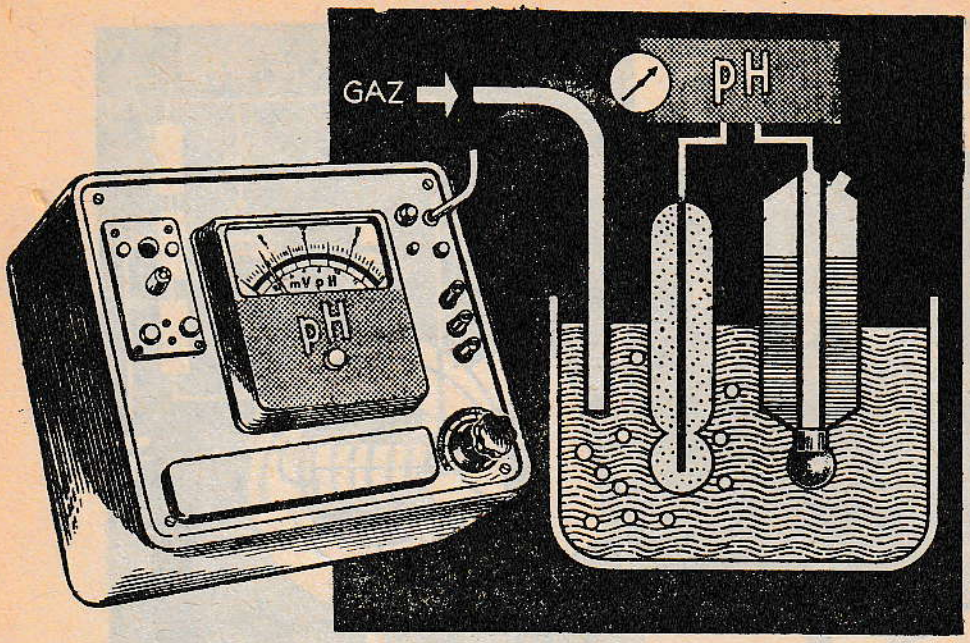
sutime de secundă. Înfășurarea bobinei este astfel calculată încît să se obțină o undă de curent dreptunghiulară, așa încît cîmpul magnetic să fie practic constant în timpul scurt al acțiunii sale asupra materialului. Intensitatea cîmpului magnetic obținut este de cîteva sute de mii de gauși.

O asemenea instalație presupune clădiri și dispozitive speciale. Bobina se găsește la 20 de metri distanță de generatorul electric și experiența trebuie să se termine înainte ca unda de șoc produsă prin scurtcircuitare să ajungă, prin fundamentul construcției (viteza undei este de 2 000—3 000 metri pe secundă) pînă la aparatele de măsurat și înregistrat.

Cu prima sa instalație, Kapița a obținut cîmpuri magnetice de 130 000 de gauși. El a măsurat rezistența specifică a unor cristale metalice ca cele de aur, descoperind legile de variație ale proprietăților magnetice ale metalelor în cîmpuri magnetice puternice.

După efectuarea unor determinări asupra a 35 elemente metalice, la temperatură obișnuită, Kapița a trecut la determinări de susceptibilitate magnetică, la temperaturi joase, folosind o altă instalație de tip industrial pentru producerea de hidrogen și heliu lichid, pe care tot el a creat-o și a construit-o între anii 1931—1933.

Metoda de lichefiere a gazelor și de obținere a temperaturilor joase elaborate de Kapița a deschis calea către tehnica temperaturilor ultrajoase. Proprietăți surprinzătoare ale conductoarelor și semiconductoarelor, la aceste temperaturi, au putut astfel fi puse în evidență.



Traductor de pH

O uzină electrică și una de lichefiere a gazelor au devenit astfel instrumente de cercetare. Asemenea mijloace și chiar mult mai puternice decît acestea se folosesc în veacul nostru pentru unele cercetări de chimie fizică. Sînt mijloacele necesare pentru a săpa în roca dură a cunoașterii.

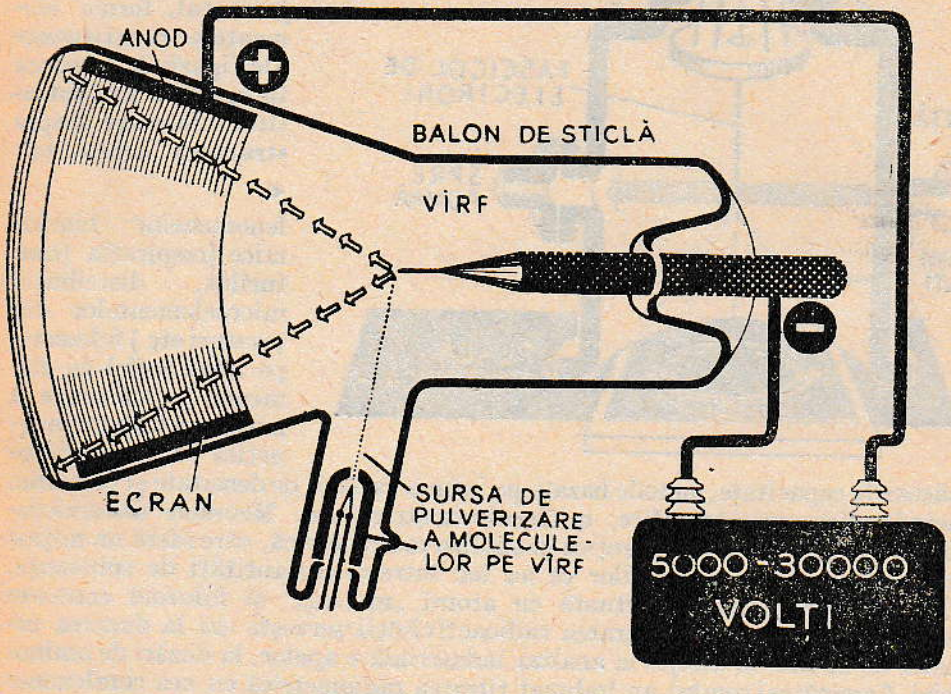
Analitica actuală

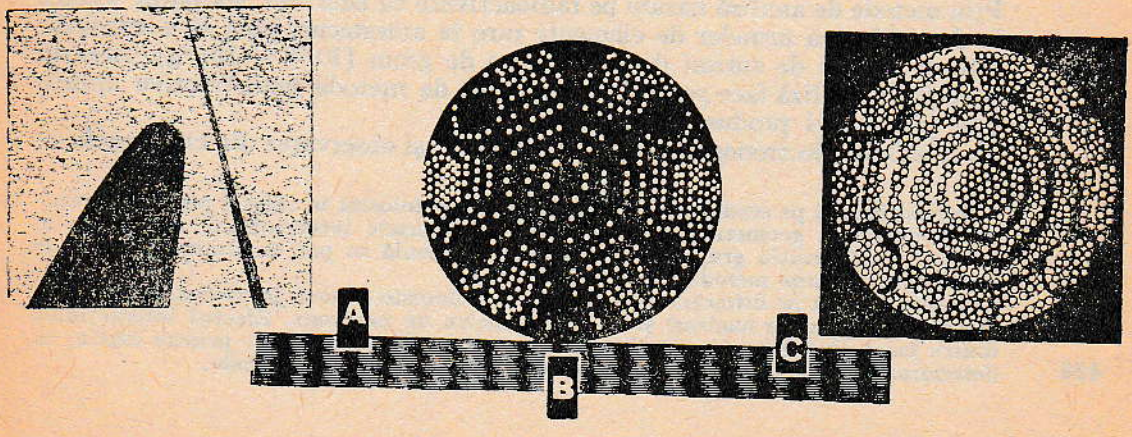
Toate fenomenele și metodele amintite nu epuizează nici pe departe mijloacele analiticii moderne.

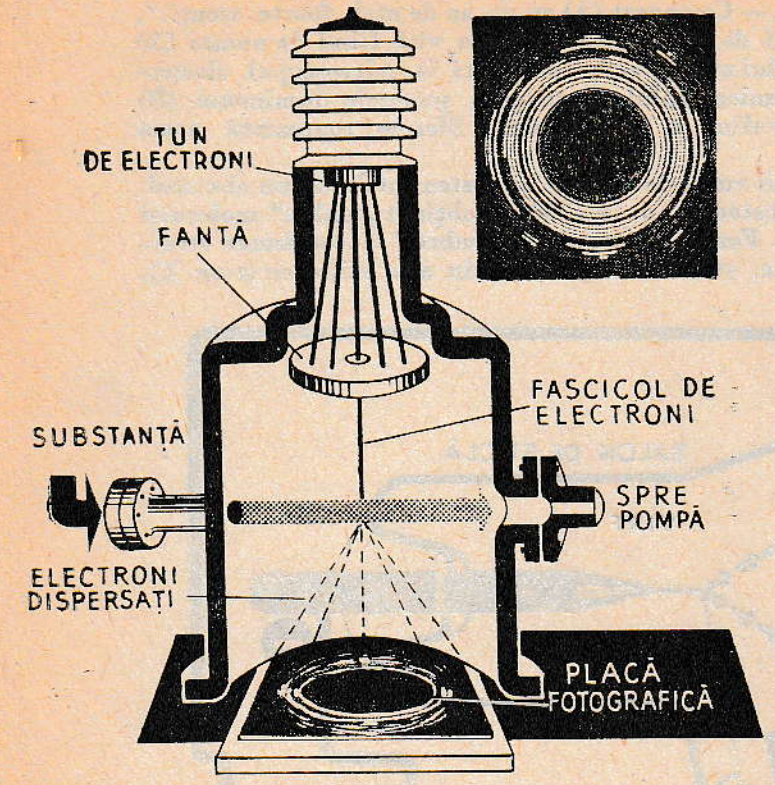
Electrochimia a adus în arsenalul analiticii metode de determinare a activității ionilor de hidrogen (pH-metria), de identificare și determinare a substanțelor în soluții pe baza tensiunii de descărcare a ionilor (polarografia) a conductibilității soluțiilor (conductometria) etc. Titrarea potențiometrică ia locul clasicei titrări pe baza virajului de culoare.

Ultramicrochimia folosește balanțe alcătuite din fire de cuarț cu platane cu foiță de platină hiperfină, cu microscoape pentru urmărirea deplasării firului de cuarț sub sarcină. Cu asemenea balanțe se ating precizii de sutimi de milionimi de gram. Față de ele, balanța folosită de William Ramsay, cu ajutorul căreia a cîntărit 16 sutimi de centimetru cub de radon (determinînd astfel masa atomică a radonului) pare grosolană. Ultramicrochimia, cu aplicații importante în studiul elementelor sintetice, al izotopilor radioactivi și al

Microproiector electronic. — Comparat (A) cu un ac de oțel „foarte ascuțit", acul de wolfram este atît de fin (grosimea lui la vîrf fiind de numai 130 Ångströmi) încît capătul lui nu se poate vedea nici la microscopul electronic. Pe ecranul microproiectorului electronic, punctele luminoase (B) dezvăluie structura cristalină a wolframului. Sferele reprezintă urma atomilor de tungsten.
Dacă în calea lor electronii emiși de acul de tungsten întîlnesc un obstacol, apare pe ecran „umbra" obstacolului. În 1950 s-a obținut „umbra" moleculei de ftalocianină de cupru. Forma și structura „umbrei" a confirmat structura moleculei examinate, stabilită anterior prin alte mijloace (raze X).







Schema unui dispozitiv electronografic. Fascicule de electroni lovesc moleculele de substanță; difracția radiației electronice, rezultat al interacțiunii cu moleculele, determină formarea unor figuri pe placa fotografică. Numărul, aranjamentul, forma elementelor constituente ale figurii de pe placa fotografică sînt tot atîtea informații despre structura substanței.

<

fenomenelor biochimice (respirația țesuturilor, distribuția microelementelor din țesuturi etc.) folosește, pe lîngă astfel de elemente de măsurare a masei și a forțelor magnetice infime, micromăsuri de capacitate, metode bazate pe infime variații de densitate și presiune, metode microcromatografice, microcolorimetrice etc. Metodele ultramicrochimice își găsesc un aliat prețios în analiza radiometrică, care oferă un mijloc comod de urmărire a reacțiilor ce au loc între microcantități de substanțe. Titrarea radiometrică efectuată cu atomi „marcați" și folosind contoare Geiger-Müller pentru măsurarea radioactivității servește azi la dozarea urmelor de metale în aliaje, la analiza industrială a apelor, la dozări de aminoacizi. Cercetători romîni au îmbinat titrarea radiometrică cu cea comlexonometrică pentru dozarea argintului, calciului, stronțiului și-a altor cationi. Prin metode de analiză bazate pe radioactivare cu neutroni, s-a putut ajunge la determinarea urmelor de elemente rare în amestecuri pînă la o sensibilitate de zecimi de sutimi de miliardime de gram (10^{-10} — 10^{-11}g). Această metodă de analiză face parte din seria largă de metode nedistructive aplicabile pieselor și produselor finite.

Și, în sfîrșit, electronografia[1], neutronografia[2] și observarea directă a molecu-

[1] Metodă bazată pe studiul difracției electronilor, folosită în chimie pentru determinarea structurii geometrice a moleculelor. Distanțele interatomice, unghiurile de valență, configurația grupelor de atomi în moleculă se pot determina cu precizie satisfăcătoare prin metoda electronografică.

[2] Metodă bazată pe difracția neutronilor. Se folosește o sursă puternică de neutroni (de pildă, un reactor nuclear) și un spectrometru de neutroni. Efectul interacțiunii dintre fasciculul de neutroni și substanța cercetată poate duce, printre altele, la determinarea poziției atomilor de hidrogen, care scapă altor metode.

lelor individuale cu ajutorul microproiectorului electronic[1]. Este departe vremea cînd, pentru a elucida o problemă de structură, se confruntau diverse ipoteze vagi, bazate doar pe reacțiile chimice ale substanței, pe compararea rațională a comportării lor chimice și pe intuiția cercetătorilor. „Șarade" altădată insolubile, ca aceea a structurii complicate a proteinelor, sînt astăzi rezolvate în dispozitive automate, care — pe baza măsurilor mărimilor analitice și pe baza interpretării rezultatelor de către o mașină electronică de calcul — dau direct rezultatul în procente și cifre, în grafice și formule.

Analiza de laborator, în uzină, lasă tot mai mult locul analizei directe în fluxul tehnologic.

Analitica integrează metodele fizicii moderne. Pe de o parte, ea accelerează ritmul cercetării. Pe de altă parte, ea devine una din pîrghiile sistemului de reglare automată a proceselor de producție, bazat pe principiul urmăririi continue a caracteristicilor materialelor în fluxul tehnologic.

O cercetare cu șanse de succes nu mai poate fi condusă astăzi cu metodele rudimentare ale trecutului. „Luminile în retortă" rar se mai pot ivi doar într-o retortă propriu-zisă. O lege simplă a concordanței între uneltele cunoașterii și nivelul cunoașterii acționează în chimie, ca și în celelalte domenii ale științei. Tehnologia științifică nu poate nesocoti analitica actuală. De altfel, o privire atentă asupra unui tablou de comandă al unei uzini descoperă indicatoare de pH-metre, de gazanalizoare, de viscozimetre, de densimetre continue, în rafinării, în fabrici de medicamente și alimente, în unități de producție textilă sau de pielărie.

Iar acolo unde aceste instrumente ale analiticii lipsesc astăzi, ele vor pătrunde mîine.

[1] Cu microproiectorul electronic, se pot obține măriri directe ale obiectului de peste 1 milion de ori. Obiectul nostru este molecula. Cu ajutorul microproiectorului electronic au putut fi observate pentru prima oară moleculele individuale. Cel mai simplu aparat de acest fel este alcătuit dintr-un balon de sticlă vidat pînă la o presiune de 10^{-9}mm col. Hg. În interiorul balonului se găsește un electrod auxiliar și un catod, prevăzut cu un vîrf de wolfram sau molibden cu rază de curbă foarte mică. Acest vîrf se obține prin corodare electrolitică cu curent alternativ în soluție alcalină diluată, urmată de bombardare ionică. Capătul unui asemenea vîrf nu se poate observa nici la microscopul electronic. Pereții vasului formează un ecran fluorescent. Electronii emiși de vîrful metalic, întîlnind moleculele substanței fluorescente de pe ecran, determină formarea unei umbre pe ecran.

XXXIII. Chimiști ai țării noastre

Cînd în cetățile din apusul Europei bătea vîntul Renașterii, țările romîne aveau de înfruntat „uraganul cel stîrnit de semilună". Și încă mult după aceea, pînă în preajma acestui veac, poporul nostru a avut de îndurat jugul celui mai înapoiat stat — imperiul feudal turcesc — și, pe o bună parte a teritoriului țării, jugul Imperiului habsburgic.

În asemenea condiții, pare aproape straniu ecoul lucrărilor unuia din precursorii chimiei occidentale, în Moldova începutului de veac XVIII.

Dimitrie Cantemir (1673—1723), domnitor al Moldovei, istoric și etnograf, geograf și naturalist, savant de cultură enciclopedică, membru onorific al Academiei din Berlin și unul din ctitorii Academiei de Științe a Rusiei, a prins în raza multiplelor sale preocupări și problemele teoretice ale chimiei epocii sale.

Adept al ideilor filozofice ale lui Van Helmont, Cantemir s-a întîlnit cu preocupările iatrochimistului olandez în domeniul problemelor fundamentale ale transformărilor materiei.

Concepția lui Cantemir despre materie, elemente, experiență, precum și noțiunile de chimie practică ale vremii se găsesc exprimate într-o serie de lucrări în latinește dintre care: *Ioannis Baptistae van Helmont. Encomium in autorem et virtutem doctrinae ejus*, omagiu adus operei medicului filozof; *J.B. van Helmont physices universalis doctrina et christiannae*, manuscris de 820 pagini cuprinzînd extrase din opera lui Helmont și *Index tractatuum ex operibus van Hellmontij*, tablă de materii a acestei culegeri de extrase.

Și în „scara de cuvinte", glosarul operei *Istoria hieroglyfică*, se găsesc definiții și lămuriri ale unor noțiuni de chimie teoretică și practică.

Domnitorul-savant nu se oprește la reproducerea strictă a noțiunilor și explicațiilor date de maestrul său. El se referă, printre alții, și la atomiștii greci, „filozofii care sînt din ceata epicurilor".

Iată-l pe Cantemir vorbind despre „stihii", elementele constituente ale materiei: „unii zic să fie patru, alții trei, alții mai multe, alții numai una". Cantemir înclină spre ideea elementului unic, apa. Despre materie (în „scara de cuvinte"): „orice sub formă s-ar suppune", cu un exemplu care ilustrează claritatea ideii de substanță la Cantemir: „precum materia lumănării este ceara, seul". Despre metal: „metalon — orice materie vîrtoasă din pămînt, precum este aurul, argintul, arama sau custorul". Despre alchimist: „cel ce se silește a face din aramă aur, cel ce știe a preface formele materiei".

În lucrările de maturitate, Cantemir conferă experienței („probă") un loc

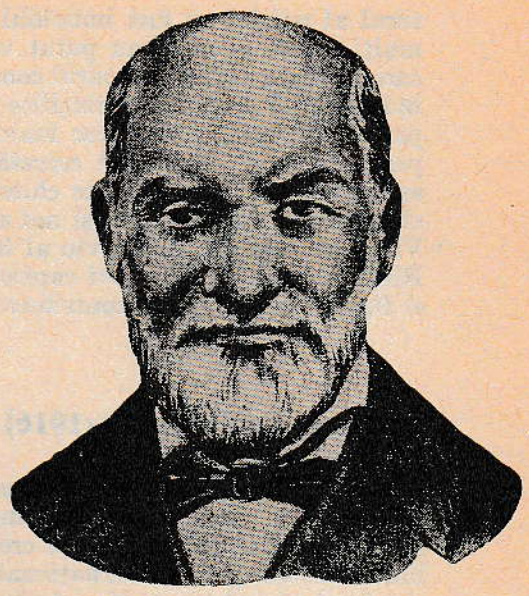
important în cunoaștere, definind-o ca „dovadă, ispită" (în sens de încercare care să ducă la un răspuns despre natură); sensul cuvîntului „ispită" apare în definiția dată pietrei aurarilor („mehenghiu" în limbajul vremii): „piatră pe care ispitesc aurul, argintul de bun".
Cantemir se referă destul de des la cuvinte legate de practica chimică. Astfel, de pildă: „lembic" definit drept „căldare sau vas cu care scot rachiu sau apă din flori"; „mehlem": „unsoare de care se slujesc cirulicii (chirurgii) la rane". Îndoiala cu privire la realitatea unor noțiuni alchimice își găsește loc în opera lui Cantemir. Astfel, despre salamandre el spune: „un fel de jigărae pentru care băsmesc poeticii că locuiește în foc".
Este foarte puțin probabil că savantul-domnitor să fi făcut el însuși experiențe chimice. Condițiile cercetării chimice experimentale s-au ivit în țările romîne cu peste 150 de ani după lucrările lui Cantemir.

Începuturi

Cu toate împrejurările neprielnice pentru dezvoltarea meșteșugurilor și industriei, și în ciuda nenumăratelor piedici puse de stăpînirea turcească și de rînduielile feudale, care frînau dezvoltarea economiei, forțele vii ale poporului și-au croit drum înainte.
Meseriași talentați își făceau meșteșugul prin tîrgurile Moldovei, Munteniei și Transilvaniei, iar mărfurile produse de ei se vindeau în iarmaroace sau luau drumul căilor de negoț internațional. Blănari vestiți prelucrau blănurile aduse din Moscova sau alte ținuturi ale Rusiei de către negustori cazaci. Pieile erau prelucrate de tăbăcari organizați în bresle. „Socoteala de bir" din 1748—1749 pomenește de „tălpălari" și tăbăcari; și cu mult înainte fuseseră organizați prelucrătorii de piei în Făgăraș, purtînd numele de timari. Prin orașele mai însemnate ale țărilor romîne lucrau de la începutul veacului al XVIII-lea săpunari, făclieri sau lumînărari și boiangii sau vopsitori, pentru a nu vorbi decît de meșteșugurile legate într-un fel sau altul de transformarea chimică a substanțelor și folosirea chimicalelor.
De veacuri se folosea țițeiul descoperit de ciobani, „păcurari", de la care vine și numele de păcură. Păcurarii îndepărtau din țiței părțile cele mai ușoare, arzîndu-l parțial în gropi. Părțile rămase după stingerea focului erau folosite pentru unsul osiilor și ca alifie pentru rănile animalelor.
Încă în anul 1534 găsim în Transilvania o primă moară de hîrtie, iar sub Matei Basarab, în anul 1650, se înființează în Muntenia — lîngă Tîrgoviște — prima manufactură de sticlă. Despre aceasta ne vorbește scrisoarea, rămasă între documentele istorice ale vremii, a marelui vornic al lui Matei Basarab către brașoveni. În această scrisoare, marele vornic amintește brașovenilor să trimită pămîntul de care era nevoie la „sticlăria" stăpînului său.
În veacul al XVIII-lea se înființează în Moldova și în Muntenia primele manufacturi de postav. Sub Alexandru Vodă Ghica, clucerul Slătineanu întemeiază pe o moșie arendată în județul Ilfov, la Pociovalișteа, „la începutul pădurii Vălenilor", o manufactură de postav în care lucrau: pieptănători de lînă, țesători, torcători, vopsitori, tunzători, lemnari, covaci și piuari, în total 250—300 de lucrători. Un diplomat, care călătorea prin 1796 în Țara

Romînească, vorbește despre „postavul albastru și cenușiu de la Afumați, care se vindea cu 22 parale cotul".
Încă în veacul al XV-lea și al XVI-lea se prepara bere în Moldova, iar la sfîrșitul secolului al XVIII-lea se găsesc manufacturi de bere la Roman și în alte orașe ale țării.
Sfîrșitul veacului al XVIII-lea și începutul celui de-al XIX-lea înseamnă începutul destrămării orînduirii feudale în țările romîne. Banii adunați prin biruri de domni și boieri și marile profituri ale negustorilor de pe urma comerțului cu diferitele țări europene se cereau investiți în întreprinderi aducătoare de noi profituri. Relațiile capitaliste își fac loc și se dezvoltă în cadrul orînduirii feudale.
După anul 1800 apar țesătorii, manufacturi de porțelanuri, de paste făinoase, mori de hîrtie, manufacturi de sticlă etc. Iar mai tîrziu, după răscoala din 1821, după tratatul de la Adrianopole din 1829, după revoluția cu caracter burghez din 1848, industria romînească începe să se dezvolte.
În ceea ce privește prelucrarea industrială a țițeiului, țara noastră este una din primele din lume în care au apărut rafinăriile. În anul 1856, Teodor Mehedințeanu înființează la Ploiești prima fabrică de petrol lampant. Îndemnat de profesorul Alexe Marin, Mehedințeanu cercetează, împreună cu farmacistul Steege de la curte, un țiței din puțurile din Păcurești. Ei au distilat într-un alambic, folosit în mod obișnuit de farmacistul curții pentru extragerea de esențe de flori, țițeiul și au obținut un lichid de culoare deschisă, care se potrivea foarte bine pentru ars în lămpile aduse de Mehedințeanu din străinătate. În 1857, se luminează pentru prima oară în lume un oraș cu petrol din țiței: Bucureștii. Uleiul de rapiță și nucă, mult mai scump, cedează locul petrolului lampant. Fabrica lui Mehedințeanu putea prelucra 2 710 tone de țiței anual. După începutul făcut, se dezvoltă industria de rafinare a petrolului. Dar în această epocă, capitalismul se dezvoltase puternic în țările din apusul Europei. Capitalul străin pătrunde și la noi, acaparînd rînd pe rînd avuțiile țării.
Primele rafinării de țiței lucrau în condiții primitive. Fabricația era condusă după miros și culoare. Iar țara noastră, cu zăcăminte bogate de petrol, importa petrol pentru lămpi (extras din cărbune) din Anglia, unsori din Belgia și petrol lampant din Germania.
Raportul din 1890 al unei comisii din care făcea parte inginerul romîn A.O. Saligny și dr. C.I. Istrati subliniază starea înapoiată a industriei petroliere, lipsa unei baze științifice în prelucrarea industrială a țițeiului. Și așa se întîmpla și cu celelalte industrii.
Despre stadiul în care se găsea chimia la noi, la începutul secolului trecut, ne putem da seama după scrisoarea vistieriei Moldovei, scrisoare din anul 1837, adresată „Dumnealui Doctorului Ipitis de la ocrugul Ibrăilei": „Fiindcă vistieria voiește a ști în adevăr cît aur cuprinde în sine un icosar de cei noi, de au și cerut să se facă cercarea aici himicește, poftind pă d. dohtoru Constandin Estiotis, și au propus dumisale, dar nu s-au putut săvîrși nimic, căci au răspuns cum că nu să înlesnește întru acea operație din pricina că nu are trebuincioasele instrumenturi himice și că cere cinstitei visterii să poată îndeplini de către dumneata carele ai acele instrumenturi. De aceea ești poftit ca să ostenești a face un asemenea analisis la doi icosari ce să trimit dumnatali închiși în aceste hîrtiuțe..."

Alexe Marin



În anul 1833, se înființează la Iași prima societate românească de științe ale naturii: „Societatea medicilor și naturaliștilor". Fac parte din această societate, între alții: Gh. Asachi, generalul P. D. Kiselev, dr. Cihac, dr. M. Zotta. Între membrii de onoare ai societății figurează savanții ruși: N. N. Sokolov, V. I. Struve, precum și oameni de știință din alte țări ale Europei: Humboldt, Berzelius etc.

Dr. M. Zotta publică o serie de lucrări despre apele minerale din România în „Büchner's Chemische Annalen", în 1839.

Erau lucrări izolate, note informative. Lipsea un învățămînt superior românesc, primă condiție a selecției forțelor care să poată participa la creația științifică originală.

În 1835, se întemeiază Academia Mihăileană, în care cursurile de chimie sînt ținute de *Th. Stamate* și *C. Zefirescu*. Cu Stamate începe predarea experimentală a chimiei. Învățămîntul superior propriu-zis se înființează abia sub Alexandru Cuza. Universitatea din Iași este ctitorită în anul 1860, iar cea din București — în 1864. În perioada începutului, învățămîntul superior era șubred, cu profesori slab pregătiți, cu o orientare spre litere și nu spre științele naturii.

În școli, chiar și în cele medii, aveau acces numai fiii de boieri și de negustori.

Profesorii români încearcă să organizeze laboratoare de chimie. În aceste laboratoare, *Ștefan Micle* (1820—1879), *Alexe Marin* (1814—1895), *Carol Davila* (1829—1884), prima generație de chimiști români, descoperă și cultivă pasiunea pentru chimie a unui Petru Poni sau Constantin Istrati.

Munca pionierilor entuziaști ai chimiei românești a avut de înfruntat interesele trusturilor străine, nepăsarea și disprețul guvernelor burghezo-moșierești, sărăcia mijloacelor materiale. Pentru „I.G. Farbenindustrie" sau pentru „Shell Co.", țara noastră nu era decît o sursă de materii prime și brațe de muncă ieftine, o piață de desfacere pentru produsele lor. Aceste trusturi n-aveau nevoie de cercetători chimiști și mari specialiști români. Pentru conducerea tehnică a rafinăriilor, trusturile străine își trimiteau tehnicienii lor, care aveau ordin să păstreze ca ochii din cap secretele de fabricație. Pînă și aparatele de măsurat erau trimise la uzinele producătoare din străinătate pentru reparații, iar principiul lor de funcționare era ținut și el secret. În felul acesta, controlul tehnic al fabricației rămînea în mîna trusturilor.

Luptînd cu dificultățile de documentare, cu lipsa de aparatură, pasionații retortelor din patria noastră au izbutit totuși să atingă nivelul maxim al cunoștințelor chimice ale epocii și să contribuie la dezvoltarea chimiei.

Dragostea de țară, dorința fierbinte de a ridica potențialul economic și cul-

tural al patriei au fost imboldul acestor deschizători de drumuri. Cei mai mulți dintre ei nu și-au putut vedea îndeplinite năzuințele, dar chimiștii care lucrează astăzi pe frontul construcției socialiste, la ridicarea și înflorirea industriei și cercetării științifice în patria noastră, prețuiți și sprijiniți de partid, nu uită ce datoresc înaintașilor, care au trudit în condiții vitrege pentru crearea climatului cercetării. Opera înaintașilor se valorifică și ea astăzi, în marile combinate chimice ale țării, în laboratoarele de cercetare chimică din orașele vechi și noi ale patriei noastre socialiste.
Viața lor este un simbol viu al luptei cu rutina, pentru lumină și progres. Rîndurile sumare ale unui capitol nu pot să amintească decît puține nume și figuri ale celor ce au contribuit la ridicarea edificiului chimiei românești.

Nicolae Teclu (1839–1916)

Chiar în primele decenii după constituirea învățămîntului superior românesc în condițiile unei industrii chimice mai puțin decît slab dezvoltate, s-au manifestat talentul și forța de creație a unor cercetători români, care au dobîndit recunoașterea internațională a contribuției lor la dezvoltarea științei și tehnologiei chimice. Ne referim la Nicolae Teclu, Petru Poni, Constantin Istrati, Lazăr Edeleanu.
Nicolae Teclu[1] s-a născut la Brașov, în anul 1839. A urmat școala primară și primele clase gimnaziale în orașul natal. Pasiunea pentru știință, artă și sport se vădește chiar din anii copilăriei. Părinții lui îl trimit în capitala statului austro-ungar, Viena, pentru continuarea studiilor liceale. După liceu, Teclu se înscrie la Politehnica din Viena și apoi la Academia de Arte Frumoase din München, de unde se întoarce în Transilvania cu diploma de arhitect.
Transilvania, sub dominația austro-ungară, nu oferea unui tînăr român talentat, plin de energie și elan creator, posibilități reale de afirmare. Ar fi putut obține un post obscur în administrația orașului.
Teclu se întoarce în anul 1869 la Viena. Marile realizări ale chimiei europene din epoca aceasta îl determină să se consacre studiului chimiei. Urmează chimia, fiind în același timp practicant la fabrica de hîrtie a statului. Îmbinînd învățămîntul universitar cu practica de uzină, Teclu devine în doi ani nu numai licențiat în chimie, ci și specialist în tehnologia hîrtiei.
Nădejdea de a crea în Transilvania o fabrică de hîrtie este repede spulberată. I-ar fi trebuit pentru aceasta capital, iar cei ce i l-ar fi putut pune la dispoziție nu s-au lăsat convinși de entuziasmul chimistului român.
Din nou la Viena, începe să lucreze ca asistent al profesorului său, dr. Ludwig.
Efectuase, chiar începînd din 1870, student fiind, primele cercetări originale asupra silicaților și asupra compoziției unor meteoriți, publicate în Dările de seamă ale Academiei de Științe din Viena. I se oferă, în anul în care-și termină studiile universitare de chimie (1871), o catedră de chimie tehnică

[1] Pentru amănunte cu privire la viața și opera lui N. Teclu vezi articolul lui I. Drimuș și Lucia Zaharescu-Boierescu, *Nicolae Teclu, un mare chimist român (1839—1916)*, în „Revista de chimie", nr. 7, iulie 1956.

la Academia de Comerț din Viena, unde este numit profesor definitiv în anul 1880.

Din primii ani ai activității sale de cercetător, Teclu abordase și problema combustiei, a flăcării și a amestecurilor explozive. Ca profesor titular de chimie tehnică, el își continuă studiile, cercetînd cu minuțiozitate produsele și condițiile arderii optime, precum și fenomenul „inversării" flăcării. Așa se naște becul Teclu, care se găsește și astăzi pe mesele tuturor laboratoarelor de chimie din lume.

Activînd la Viena, Teclu nu părăsește nici o clipă legăturile directe și prin corespondență cu cei din țară. Slavici și Eminescu asistă la experiențele pe care maestrul romîn le efectua, anume pentru ei, în laboratoarele catedrei sale. Fratelui său, Dumitru Teclu, editor tipograf din Brașov, și prietenilor săi din țară le comunică intențiile sale de a se întoarce în patrie, ca specialist cu bogată experiență, pentru „a activa în sensul național".

În iulie 1878 este ales membru al Secției științifice a Academiei Romîne. La ședința de primire în academie, Teclu ține un magistral discurs despre relațiile dintre chimia organică și anorganică, în care dezvăluie cu o uluitoare clarviziune perspectivele chimiei în general, ale chimiei aplicate în țara noastră, în special:

„Chimia este însă și mai mult, ea e mama industriei și într-o țară ca aceasta, cu resurse atît de bogate, trebuie să fie un focular pentru ridicarea bunei stări materiale, printr-o activitate cît mai extinsă industrială".

„... Chimia nu mai poate fi privită aici ca străină, ea trebuie să-și capete locul și regimul ei cuvenit și trebuie, cît mai curînd, să fie împămîntenită"[1].

Teclu a participat la lucrările Secției de științe a Academiei Romîne vreme de 37 de ani și și-a manifestat mereu dorința de a lucra ca profesor la București, dar guvernele burghezo-moșierești n-au găsit cu cale să aloce fondurile necesare construirii și dotării unui laborator corespunzător.

A fost un fecund constructor de aparate experimentale didactice, de cercetare și analiză tehnologică. El a depășit domeniul chimiei propriu-zise și a găsit soluții interesante pentru cele mai variate probleme de tehnologie și cercetare, folosind datele opticii, mecanicii și chimiei.

A construit astfel un aparat pentru determinarea intensității luminoase, dînd o soluție cu totul originală problemei etalonului de intensitate lumi-

[1] Citat după C r i s t o f o r S i m i o n e s c u, *În legătură cu un moment de seamă din istoria chimiei romînești*, în „Revista de chimie", nr. 4, 1958, pp. 183—184.

noasă, de care se ocupau toate marile laboratoare ale Europei. A creat metode de determinare mecanică și fizico-chimică pentru hîrtie, uleiuri și pigmenți. A inventat metode chimice de citire a documentelor arse, — metode larg folosite în criminalistică în toate țările lumii.
Peste 50 de lucrări originale publicate în analele și revistele de chimie europene, în analele Academiei Romîne și pe cheltuială proprie alcătuiesc moștenirea științifică lăsată de acest precursor al cercetării chimice românești originale.
Teclu nu este numai un mare chimist european, ci și omul care a întrevăzut necesitatea și posibilitatea transformării Romîniei într-o țară cu o industrie chimică proprie, o țară a chimiei.

Petru Poni (1841–1925)

Lui Ștefan Micle (1820—1879), care preda chimia la Iași între 1860 și 1878, încercînd să organizeze un laborator de chimie, îi succede Petru Poni. Fiu de răzeș, Petru Poni s-a născut la 4 ianuarie 1841 în satul Secărești, comuna Băiceni, fostul județ Iași. La vîrsta de 18 ani, după ce a terminat școala medie la Academia Mihăileană, el pleacă la Paris și urmează chimia la Sorbona, unde are ca profesori pe Berthelot, pe Wurz, Saint-Claire Deville și pe alți maeștri ai chimiei franceze. Se întoarce în țară îndată după terminarea studiilor și este numit profesor de fizică și chimie la Academia Mihăileană, apoi profesor de chimie la Universitatea din Iași (după ce Academia Mihăileană s-a transformat în universitate), și în sfîrșit, șef al catedrei de chimie minerală a Universității din Iași. Peste 50 de ani a activat Petru Poni pe tărîmul învățămîntului chimiei în țara noastră. A murit în anul 1925, în vîrstă de 84 de ani.
Cînd Poni și-a început activitatea de profesor, totul trebuia luat de la începutul începutului.
În anul 1866, an în care a fost numit profesor la Academia Mihăileană, nu existau în țară laboratoare de chimie, nu existau manuale, iar cît despre reviste de specialitate, nici nu putea fi vorba.
Poni elaborează și publică prima carte școlară de chimie din țara noastră: *Cursu de chimie elementară*, pe care îl rescrie după o serie de ediții, în anul 1885, cînd tipărește: *Cursu de chimie elementară fundatu pe teoria atomică*. Cu Poni, cu manualele sale de chimie, începe, de fapt, învățămîntul chimic în Romînia.
Învingînd rezistența organelor din Ministerul Învățămîntului, dar sprijinit de Consiliul Universitar, el creează primul laborator de chimie pentru lucrări practice cu studenții. Aici își începe Poni munca științifică, munca de cercetător al avuțiilor țării.
Tot opera lui Poni este și laboratorul de analize chimice de stat, care avea de cercetat mărfurile importate, dar care — sub conducerea lui Poni — și-a lărgit activitatea, studiind probleme de interes general, cum era, de pildă, aceea a otrăvirilor cu plumb provocate de vasele de lut fabricate în condiții necorespunzătoare.
În noul laborator universitar, pe care l-a creat în anul 1897 și care este nucleul laboratoarelor de astăzi ale Universității și Politehnicii din Iași, Poni con-

tinuă cercetările începute de el, din primii ani ai activității sale ca profesor, asupra apelor și izvoarelor minerale, asupra mineralelor și petrolului din Romînia.

El năzuia să pună în valoare nesecatele resurse naturale ale patriei noastre. „Nu știm — scrie Poni într-un raport către Ministerul Instrucțiunii Publice — nici care este natura și valoarea produselor minerale ale solului, nici condițiile științifice ale agriculturii noastre, nu cunoaștem apele noastre minerale, într-un cuvînt, nimic din cele ce formează baza avuției noastre naționale"[1].

Numit profesor universitar în octombrie 1877, Poni are de dus o adevărată luptă pentru crearea unui laborator necesar lucrărilor practice pentru studenți; căci el nu concepea învățămînt chimic neexperimental.

„Cursul de chimie, pentru a fi înțeles și ascultat, trebuie să fie cu totul experimental. Fiecare fapt expus de profesor, fiecare proprietate a corpurilor, fiecare lege, întreg cursul într-un cuvînt trebuie demonstrat prin numeroase experiențe; fără aceasta, studenții nu pot trage nici un folos din nomenclatura seacă ce li s-ar debita, ori cu cît de multă îngrijire și ori cu cît de multă artă chiar"[2].

Nu se poate face o descriere mai plastică a condițiilor în care a găsit Poni „laboratoarele" de chimie ale universității ieșene, decît aceea pe care el o face în raportul către minister, ca o pledoarie pentru schimbarea situației: „La venirea mea la Universitatea din Iași... iată ce am găsit: cîteva flacoane aproape deșarte de producte, cîteva zecimi de retorte, baloane, capsule, toate acestea puse într-o cămăruță, din niște atenanse ale Universității ce servise de bucătărie, pe cînd acea Universitate era locuință particulară"... „Pînă acum, din aceste cămăruțe însă, nu mi s-a putut pune la dispoziție decît una pardosită pe jos cu cărămizi, cu un singur rînd de ferestre, prin care vîntul suflă ca afară..."[3].

Iar în lucrarea sa *Cercetări asupra mineralelor din masivul cristalin de la Broșteni*, Poni declară: „Studiul acestor minerale, precum și al rocilor în care ele se găsesc, prezintă pe lîngă importanța lor științifică ce au în general asemenea cercetări, și un interes cu totul practic. În adevăr, parte din aceste minerale conțin mai multe metale utile, precum aramă, fer, mangan; cunos-

[1] Cristofor Simionescu și Const. Calistru, *Petru Poni, creatorul școalei de chimie din Iași*, în „Revista de chimie" nr. 12, 1953, p. 6.
[2] Cristofor Simionescu, *Învățămîntul din țara noastră în plin progres*, în „Revista de chimie", nr. 10, 1953, p. 13.
[3] *Op. cit.* în nota 1, p. 7.

cînd natura lor, condițiile în care se găsesc în sînul pămîntului, am putea spera ca ele să fie cîndva extrase și să servească astfel, prin înființarea industriilor metalurgice, la mărirea avuției noastre naționale".
Poni descoperă, în cursul cercetărilor sale, două minerale necunoscute pînă la el, pe care le numește, după localitățile în care au fost descoperite: broștenita (de la numele localității Broșteni) și badenita (de la numele localității Bădeni).
Descoperirea noilor minerale nu reprezintă însă singurul aport al lui Petru Poni la îmbogățirea științei. În cursul studiilor sale asupra petrolului romînesc, studii care se pot compara ca valoare cu lucrările lui V.V. Markovnikov asupra petrolului din Caucaz, Poni execută o serie de experiențe prin care urmărește acțiunea acidului azotic asupra hidrocarburilor parafinice, pornind de la lucrările savantului M.I. Konovalov, elev al lui Markovnikov.
Konovalov izbutise pentru prima oară în lume să atace cu acid azotic diluat hidrocarburile parafinice (care arată chiar prin numele lor cît de greu reacționează cu alte substanțe), obținînd astfel o clasă întreagă de corpi noi, clasa nitroderivaților hidrocarburilor parafinice. Pînă la Konovalov, încercările neizbutite de a ataca hidrocarburile saturate cu acid azotic se datorau folosirii unui acid concentrat.
Poni duce mai departe cercetările lui Konovalov și încearcă acțiunea acidului azotic în diferite concentrații asupra parafinelor, punînd în evidență produși de oxidare și nitrare ce se obțin prin acțiunea acidului azotic de diferite concentrații.
Aceste lucrări reprezintă o primă contribuție originală a științei romînești la chimia petrolului și dovedesc în același timp că cercetătorii noștri au știut să prețuiască la adevărata lor valoare lucrările savanților ruși. Poni a fost, de altfel, și membru al Societății naturaliștilor din Moscova. Iar „Societatea de medici și naturaliști", înființată în anul 1890 de către Em. Bacaloglu, Gr. Cobălcescu, P. Poni și C. Istrati, număra printre membrii ei de onoare pe D.I. Mendeleev și V.V. Markovnikov.
Părinte al chimiei minerale în țara noastră, deschizător de drumuri în cercetarea petrolului romînesc, savant recunoscut departe peste hotarele țării pentru contribuțiile lui la propășirea chimiei, Poni a fost, în același timp, un mare dascăl. El a sădit dragostea pentru știința chimiei în sufletul unei generații întregi.

Constantin Istrati (1850–1918)

Pe ogorul chimiei organice la noi, doctorul C. Istrati a tras primele brazde. Născut la Roman dintr-o familie de răzeși, după studiile gimnaziale la Academia Națională din Iași, se înscrie la Școala de medicină a dr. Davila din București, apoi la Facultatea de medicină și la Facultatea de științe. Își ia titlul de doctor în medicină în anul 1877.
Ia parte la războiul pentru independență ca medic. În 1882 pleacă la Paris, unde studiază chimia. După 7 luni își dă licența, apoi își pregătește teza de doctorat cu titlul: *Despre etilbenzenclorați și despre unele observații cu privire*

Constantin Istrati

la punctele de fierbere în seria aromatică, lucrînd în laboratoarele lui Wurz și Schatzenberger, sub conducerea lui Friedel. Începînd din 1887, este profesor de chimie organică la Facultatea de științe din București[1].

Ca și Poni, Istrati a fost un pasionat cercetător al subsolului românesc; ca și Poni, Istrati a devenit o autoritate recunoscută pînă departe peste hotarele țării; ca și Poni, Istrati a educat o pleiadă de cercetători pasionați[2].

Teza de doctorat a lui C. Istrati, publicată la Paris în 1885, este un exemplu de lucrare originală, în care se împletesc experiența și interpretarea ei teoretică. Lucrarea îmbrățișează clasa derivaților halogenați aromatici, prezintă o serie largă de compuși preparați de Istrati și dă o formulă interesantă de calcul a punctelor de fierbere în seria derivaților halogenați. Continuîndu-și cercetările la București, Istrati descoperă o reacție, care îl conduce la obținerea unei clase noi de coloranți, fără azot, cu mare stabilitate la lumină, care vopsesc mătasea în diferite nuanțe de roșu. Istrati a numit coloranții săi: franceine.

În laboratorul lui Istrati și sub conducerea lui, se cercetează bogățiile naturale ale țării: sarea, petrolul, chihlimbarul, ozocherita. Se cercetează produșii naturali din plantele românești de cultură și printre ele, zahărul reducător din porumb și substanțele din plută.

Cercetătorii americani, N.L. Drake și colaboratorii săi, reiau în 1935 studiile lui Istrati asupra celor două substanțe extrase din plută de către cercetătorul român, dintre care una descoperită pentru prima oară: friedelina. Numele dat de Istrati este și astăzi păstrat, iar lucrările inițiate de el asupra acestei substanțe complexe sînt citate de cercetătorii americani.

[1] Pentru amănunte despre viața, activitatea și atitudinea lui C. Istrati față de problemele sociale, etice și didactice, vezi articolele: *Doctorul C.I. Istrati, primul profesor de chimie organică la Universitatea din București* de prof. E. Angelescu, în „Analele româno-sovietice", seria chimie, nr. 2, 1957, și *Profesorul Constantin I. Istrati, un mare chimist român* de I. Drimuș, și I. Guéron, în „Revista de chimie", nr. 2, februarie 1957.

[2] Iată cum îl prezintă pe dr. Istrati, și realizările sale E.S. Racoviță, creatorul speologiei:

„... Doctorul Istrati a fost în toate făpturile lui psihice un utilitarist și un realizator; activitatea sa în toate fazele vieții și în toate ramurile poartă pecetea acestor două însușiri. Cu toate că a dat probe atît de vădite de dragoste pentru știință pură, el nu este sectatorul Științei pentru Știință, ci al Științei pentru Om. Imediat ce face o descoperire de știință pură, sau stăpînește o chestie teoretică, le caută aplicația, se căznește să scoată din ele un folos pentru omenire. Și de îndată ce a întrezărit acest folos, se pune pe lucru ca să-l realizeze".

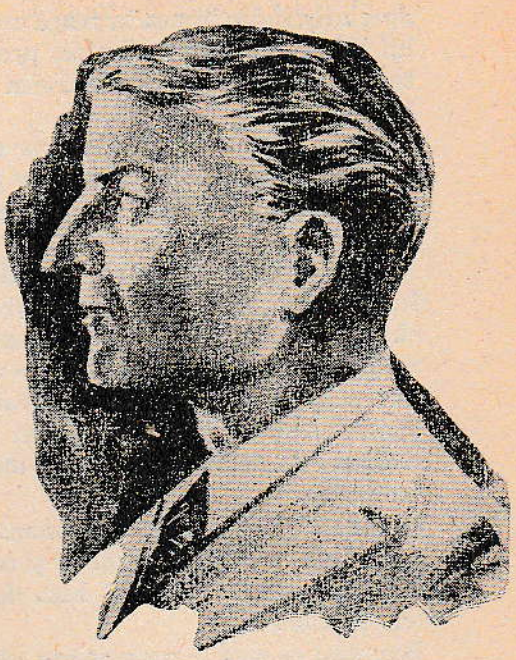
Ca și Petru Poni, doctorul C. Istrati a sesizat valoarea școlii ruse de chimie. El a fost în legătură directă cu savanții ruși. Schimbul de scrisori dintre V.V. Markovnikov și Istrati reprezintă un minunat document al istoriei relațiilor științifice dintre poporul romîn și poporul rus.
„Societatea de științe din București este onorată de a se putea asocia cu celelalte instituți și societăți savante, pentru a omagia activitatea atît de fecundă și originală pe tărîm științific a profesorului Vladimir Markovnikov. Fericită este națiunea care produce astfel de savanți"[1].

O nouă generație

Tradiția de cercetător și de luptător pentru știința românească, pentru punerea în valoare a bogățiilor țării, a fost urmată de o serie de elevi de-ai lui Poni și Istrati, deveniți profesori de chimie la facultățile din București, Iași și Cluj.
Chimiștii romîni care au lucrat în laboratoarele de chimie ale Facultății de științe din București și apoi ale Politehnicii, în laboratoarele universitare din Cluj și Iași au elaborat metode originale de analiză, studii asupra fracțiunilor de țiței, asupra cărbunilor din țara noastră, asupra problemelor teoretice de chimie fizică, în laboratoare necorespunzătoare, în condițiile unei industrii subjugate trusturilor străine.
Lucrările chimiștilor patriei noastre n-au putut fi trecute sub tăcere de marii savanți ai lumii.
O cît de sumară trecere în revistă a figurilor celor mai reprezentative din istoria chimiei românești nu poate omite pe *Alfons Oscar Saligny* (1853 — 1903) și *Em. Riegler* (1854 — 1929). Primul organizează laboratorul de analize tehnice al Școlii Politehnice din București și efectuează, în cursul anilor de activitate în acest laborator, 32 de mii de analize asupra coloranților, medicamentelor, cernelurilor, hîrtiei, țesăturilor, cauciucului, pielii, sticlei, produselor petrolifere etc.
Emil Riegler studiază compușii chimici din sînge și din urină, propunînd metode originale de analiză biochimică. Notele și memoriile lui sînt publicate în 15 reviste străine, iar metodele lui au fost aplicate în zeci de laboratoare europene.
Aparatele de laborator inventate de Riegler figurau în cataloagele întreprinderilor producătoare de utilaj chimic.
La începutul penultimului deceniu al secolului trecut, interesul pentru chimie cucerise în Romînia multe spirite. Tineri talentați, care au venit în contact cu primele manuale de chimie ale lui Poni și Istrati, care au urmărit conferințele și articolele acestor propagandiști ai chimiei românești, s-au simțit atrași de laboratorul de chimie, de ideea creării unei industrii chimice românești, care să valorifice țițeiul și sarea, ozocherita și mineralele, clasificate și cercetate de Poni, Istrati și colaboratorii lor.

[1] E. Angelescu, *op. cit.*, în *loc cit.*, p. 14. Din scrisoarea lui C. Istrati către Secția de chimie a Societății de științe naturale, de antropologie și de etnografie din Moscova, cu prilejul sărbătoririi a 40 de ani de activitate științifică a lui Vladimir Markovnikov.

Lazăr Edeleanu



Unul din acești tineri, pe nume *Lazăr Edeleanu*[1] termină cursurile liceului „Sf. Sava" la 20 de ani, în anul 1881. Era unul din cei 6 copii ai unui muncitor, care n-a putut oferi familiei sale decît o foarte modestă și nesigură existență, prin diferitele orașe ale țării. Edeleanu s-a întreținut singur în timpul cursurilor liceale, dînd meditații. Și tot singur s-a întreținut la Berlin, unde a plecat să urmeze chimia.

În anul 1887 și-a dat doctoratul în chimie, sub conducerea celebrului organician A.W. Hofmann.

Ca doctor în chimie, Edeleanu pleacă în Anglia, unde devine asistent, apoi șef de lucrări la Royal Artillery College. Edeleanu nu uită însă propriile-i visuri de tinerețe. Se întoarce în anul 1889 în țară, unde lucrează ca asistent al profesorului C. Istrati.

Din primii ani, ca asistent și apoi ca șef de lucrări, Edeleanu publică lucrări originale de chimie organică, în colaborare cu alți cercetători romîni (Zaharia, Budișteanu, Enescu). Chiar în primul an la București (1889) publică lucrarea: *O nouă metodă de preparare a acizilor nesaturați din seria aromatică*, împreună cu Budișteanu, în „Buletinul societății politehnice".

În 1897 este numit director al laboratorului de chimie din Serviciul minelor, iar în 1906, șef al laboratorului de chimie din Institutul geologic; în același an devine director al rafinăriei Vega.

Pînă la numirea sa la Institutul geologic și la rafinăria Vega, Edeleanu a publicat o serie de cercetări originale despre petrolul romînesc, pe care le-a continuat pînă la sfîrșitul vieții, urmărind mereu ideea fundamentării științifice a tehnologiei petrolului. Titlurile lucrărilor semnate de Edeleanu ilustrează ideea dominantă a activității lui, începînd cu anul 1900: *Industria petrolului în Romînia, Chimia petrolului romîn, Cercetări științifice în industria petrolului, Tehnologia petrolului în prezent și viitor.*

Între 1900 și 1910, Edeleanu este reprezentantul Romîniei la cele mai importante congrese mondiale în legătură cu tehnologia petrolului. Societatea de științe naturale din Moscova îl alege în 1910 membru de onoare.

Între 1910 și 1932, Edeleanu lucrează în Germania, unde pune la punct industrializarea metodei sale de separare selectivă a produselor de distilare a țițeiului.

[1] Pentru amănunte cu privire la viața și opera lui Edeleanu, vezi articolul *Lazăr Edeleanu, precursor al chimizării petrolului*, de I. Drimuș și Const. Tache, în „Revista de chimie", nr. 2, februarie 1958.

Specialiștii din lumea întreagă au recunoscut valoarea lucrărilor originale ale lui Edeleanu. A fost distins, printre altele, cu medalia Redwood a Institutului tehnologilor petroliști din Londra. A murit la București, în aprilie 1941.

Cea mai importantă contribuție a chimistului romîn la îmbunătățirea metodelor de preparare a produselor petrolifere este procedeul industrial al rafinării, bazat pe dizolvarea selectivă a fracțiunilor de țiței în bioxid de sulf lichid.

Ideea de a folosi bioxidul de sulf lichid pentru separarea componenților din fracțiunile de distilare a țițeiului a fost o consecință a lucrărilor sale de chimie organică și a studiului sistematic efectuat asupra metodei clasice de rafinare cu acid sulfuric. Aceste cercetări l-au condus la concluzia că bioxidul de sulf ar putea da derivați sulfonici ai aromaticelor și olefinelor. Experimentînd în laborator și apoi în instalații-pilot, el a izbutit să realizeze proiectul instalației industriale și să construiască o asemenea instalație.

Bioxidul de sulf selectează aromaticele și olefinele, combinîndu-se cu ele și separîndu-le astfel de parafine și naftene, mai ales la o temperatură de — 10°C. În felul acesta se asigură baza de producție a unor uleiuri cu caracteristici excepționale.

Bioxidul de sulf se recuperează ușor și se poate reîntoarce în circuitul procesului tehnologic.

Metoda Edeleanu și-a găsit aplicații largi nu numai în tehnologia petrolului, ci și în cercetarea științifică, ca metodă de analiză și, în sfîrșit, ca procedeu de pregătire a materialelor necesare pentru sinteza chimică.

Edeleanu a prezentat schema instalației de rafinare a petrolului lampant cu bioxid de sulf în ședința din 30 noiembrie 1923 a Secției științifice a Academiei Romîne. Astăzi, lumea întreagă folosește procedeul Edeleanu. Cercetători celebri în domeniul petrolului elaborează variante ale procedeului, adaptate la condițiile industriei moderne. Un procedeu romînesc a devenit astfel o parte integrantă a tehnicii mondiale.

Consacrîndu-și viața întreagă industriei petrolului, Edeleanu a prevăzut strălucitul viitor al acestei industrii, ca punct de plecare pentru industria chimică de sinteză.

„...Există oarecari observații — scrie Edeleanu în 1900 — care justifică în mod serios speranța ca păcura noastră să devină un izvor colosal de bogăție pentru țară, transformînd în derivate de valoare hidrocarburile, care azi se ard sau se vînd pe un preț derizoriu"[1].

Speranța lui Edeleanu s-a împlinit. Petrolul nostru se transformă în materiale plastice, cauciuc sintetic, țesături. Industria petrolului romînesc devine o uriașă industrie petrochimică.

[1] Citat după articolul *Dezvoltarea învățămîntului chimic* de Magda Petroveanu din lucrarea *Contribuții la istoria dezvoltării Universității din Iași, 1860—1960*, vol. II, București, 1960, p. 72.

Cercetători-profesori

Din aceeași generație cu Edeleanu face parte *Anastasie Obregia*, născut în capitala Moldovei, în anul 1864. A urmat cursurile Liceului Național din Iași și după un an de studii — la Școala de poduri și șosele din București — a plecat la Zürich, unde a avut ca profesori pe A. Hantzsch, F. Treadwell și G. Lunge.
Fiind clasat întîiul la examenul de absolvire a Politehnicii din Zürich, Obregia este numit asistent la catedrele lui Hantzsch și Treadwell.
După susținerea tezei de doctorat, în 1891, Obregia se întoarce în țară „experimentator avid și asiduu, precum și un chimist cu desăvîrșire format științificește, care posedă idei proprii și e în stare să le dezvolte independent", așa cum îl caracterizează profesorul său Hantzsch.
În 1892 este numit profesor de chimie organică, catedră nou înființată prin scindarea catedrei de chimie conduse de P. Poni. Își organizează laboratorul de chimie organică într-o casă particulară modestă din strada Muzelor, unde — cu mijloace cu totul insuficiente — abordează o serie de probleme experimentale în domeniul sintezelor organice, al stereoizomeriei (izomeri de structură, spațiali), al preparării coloranților. Obregia atrage în munca de cercetare asistenți și chiar studenți, publicînd singur sau în colaborare cu C.V. Gheorghiu[1] și alții rezultatele unor profunde cercetări originale.
În anul 1897, în noul local al Universității din Iași, Obregia a organizat un laborator de organică pentru cercetări și pentru lucrări cu studenții, utilat cu tot ce era pe atunci mai nou în utilajul de laborator chimic.
În aceste laboratoare s-au pus bazele școlii de chimie organică din Iași.
Luptînd, ca și Poni și Edeleanu, pentru promovarea ideii dezvoltării industriei chimice în țară, Obregia predă, încă din 1903, un curs de tehnologie a petrolului, în timp ce P. Poni preda unul de chimie a petrolului.
Abia în 1912 se înființează catedra de chimie tehnologică, al cărei titular devine Obregia.
Dintre numeroasele contribuții originale ale acestui cercetător ieșean, pot fi amintite studiul și sinteza compușilor diazoici[2] și oximelor[3], cercetarea orientării spațiale la condensarea derivaților fenolici cu acizi fenilglicolici și metodele proprii de analiză a unor produse petrolifere. An. Obregia a murit în 1937.
Contemporan cu Obregia, *Al. Zaharia* înființează laboratorul de chimie agricolă în București și efectuează studii de chimie a grîului, iar *St. Minovici*

[1] Născut în 1894. Licențiat al Facultății din Iași (1920) și doctor în chimie al aceleiași facultăți (1927).
[2] Compușii diazoici (substanțe organice aromatice foarte active, care conțin în moleculă un grup de 2 atomi de azot, avînd formula generală: ArN_2X, unde Ar reprezintă grupul — C_6H_5 sau un derivat al acestuia, iar X poate fi un atom de hidrogen, un oxidril sau un alt grup atomic) au fost descoperiți în 1860 de Peter Johann Griess, care i-a preparat din acid azotic și amide aromatice. Compușii diazoici formează punctul de plecare pentru o importantă clasă de coloranți sintetici: azocoloranții.
Profesorul lui Obregia, Hantzsch, a fost autorul unor studii fundamentale asupra compușilor azoici, studii elaborate în prima decadă a veacului nostru.
[3] Substanțe organice conținînd grupul —NOH. Hantzsch a pus în evidență configurațiile spațiale *siu* și *auti*, în care se pot prezenta oximele (ca și compușii diazoici).

Petre Bogdan

(1867—1935) înființează laboratorul de toxicologie. Cursul de chimie analitică a lui Minovici a fost utilizat mulți ani de către studenți în laboratoarele de chimie analitică din București și Iași. A publicat lucrări originale de analiză anorganică și organică.

Lui Anastasie Obregia i-a urmat la catedra de chimie organică din Iași, *C.V. Gheorghiu* (pînă la moartea sa în anul 1956), care a condus interesante cercetări în domeniul chimioterapiei și al chimiei teoretice.

Burghezia întreținea mitul neputinței științei românești; ea cultiva pe toate căile ploconirea față de Apus, față de tot ce era înconjurat cu aureola dolarului, a francului, a lirei sau a mărcii. Burghezia fără patrie gîtuia, în interesul trusturilor străine, dezvoltarea științei noastre. Ea nu acorda ajutor material pentru înzestrarea laboratoarelor românești, nu încuraja nici un fel de invenție sau descoperire înfăptuită de oamenii de știință români, ci cumpăra cu bani grei patente străine. Pentru înțelegerea condițiilor materiale în care își desfășurau activitatea profesorii universitari sub regimul burghezo-moșieresc, sînt instructive aceste rînduri din memoriul „Asociației profesorilor universitari din Romînia", adresat ministerului în anul 1935: „Nu avem banii necesari pentru întreținerea localurilor, pentru încălzirea și luminarea lor, pentru instrumente, substanțe chimice și animale indispensabile lucrărilor practice. Bibliotecile sînt descompletate, abonamentele sînt întrerupte și în momentul de față nu avem în țară nici o bibliotecă de laborator sau seminar bine utilate"[1].

Și cu toate acestea, chimia românească își făcea drum.

Petre Bogdan[2], primul profesor de chimie fizică din țară, la catedra înființată în anul 1915, organizatorul cercetării în domeniul chimiei fizice și al fizicii la Iași, este citat de savantul suedez Svante Arrhenius pentru lucrarea sa despre mobilitatea ionilor de potasiu. Această lucrare, precum și studiile sale despre asocierile moleculare, sînt pagini ale științei universale scrise de un romîn. Lucrările lui Bogdan au fost publicate în analele științifice ale

[1] Citat după *Istoria Universității din Iași 1860 — 1960*, vol. I, București, 1960, p. 258.

[2] Născut în 1873. Urmează Liceul Național, apoi Facultatea de fizico-chimice din Iași. Ia doctoratul în chimie la Berlin în 1900. A fost membru al Academiei Române și membru al Societății de chimie fizică din Paris. Cele mai interesante lucrări ale lui P. Bogdan sînt *Despre polimerizarea lichidelor* (publicată la Leipzig, în limba germană, în 1906), *Lichidele considerate ca formate din molecule complexe* (Iași, 1912, în limba franceză); *Considerații asupra constituției substanțelor lichide* (în limba franceză, Paris, 1933).

Universității din Iași, în „Zeitschrift für physikalische Chemie" la Leipzig, în Dările de seamă ale Academiei de Științe din Paris, în publicații apărute la Roma și la București.
În cartea *Tratat de chimie fizică aplicată la biologie* de Duclaux, se prezintă formula emiprică pentru stabilirea gradului de asociere a alcoolilor, elaborată de prof. *G.G. Longinescu*, elev al lui C. Istrati, care a condus—orb fiind—catedra de chimie anorganică a Universității din București, pînă la moartea sa.
Analele științifice ale Universității din Iași publicau lucrările romînești originale. În paginile acestei publicații, și-au găsit loc lucrările chimistului *N. Costăchescu*[1] asupra gazelor conținute în sarea gemă din Romînia (1906), asupra clorurii de vanadiu (1910), de cobalt (1911), asupra unor hidrocarburi conținute în petrolul romînesc (1911), asupra sărurilor complexe de fier (1912).
De petrolul și ligniții romînești sînt legate cercetările lui *N. Dănăilă* și colaboratorilor lui. Ei au elaborat metode originale de dozare a hidrocarburilor aromatice din fracțiunile ușoare și medii de petrol (cu acid sulfuric de 98,33%); au studiat reacțiile de bromurare și ozonizare a hidrocarburilor nesaturate, au cercetat reacțiile dintre aceste hidrocarburi și sărurile de mercur.
Și tot în domeniul studiului avuțiilor minerale ale țării, *M. Severin*, profesor de chimie organică la Politehnica din București, a studiat radioactivitatea apelor minerale din Romînia și a publicat studiul de sinteză *Petrolul*.
Domeniile abordate de întemeietorii școlii romînești de chimie nu se limitează însă la baza de materii prime a unei industrii pe care ei o visau și care este o realitate a zilelor noastre. Creatorul învățămîntului superior agricol, *Haralamb Vasiliu*, s-a ocupat de acidul hipuric, de transformările ciclului benzenic în organismele animale precum și de fenomenele de nutriție a animalelor domestice; iar *C. Otin* studiază tăbăcirea combinată cu crom-tanin, comportarea electrolitică a manganului, precum și silicații sintetici de bismut.
Interesante figuri de cercetătoare-chimiste și-au adus contribuția la dezvoltarea chimiei romînești. La București se face cunoscută prin lucrări de profundă originalitate dr. *Gabriela L. Chaborski*, născută la Bîrlad în 1891. Gabriela Chaborski își ia doctoratul în chimie la Geneva[2], după studiile urmate la Universitatea din București. Stabilește metoda de separare și determinare calitativă a unor elemente în prezența altora și se ocupă de probleme de chimie fizică, care își păstrează și astăzi întreaga lor actualitate, ca de pildă: *Volumul molecular și densitatea la 0 absolut* (1928). Cursurile de chimie neorganică și analitică ținute de Chaborski se distingeau prin excepțională claritate.

Gheorghe Spacu (1883–1955)

În manualele de chimie, în revistele de specialitate, care apar în diferitele orașe universitare ale lumii, găsim citate lucrări de ale savanților noștri, acei savanți care aveau să cîștige — în anii puterii populare — prețuirea

[1] Elev și urmaș al lui P. Poni la catedra de chimie anorganică (1876—1939). Este primul doctor al Facultății de științe din Iași.
[2] La Geneva lucrează în laboratorul lui R. Chodat. Cercetînd procesul de fermentație al bananelor, Chaborski descoperă o nouă formă de levură, pe care Chodat o numește „cultura Chaborski".

Gheorghe Spacu

<

și sprijinul partidului și conducerii de stat, care aveau să simtă în anii de după eliberare toată dragostea poporului pentru făclierii științei sale.

Gheorghe Spacu s-a născut la Iași. În orașul natal, a urmat cursurile liceale și universitare. În universitatea ieșeană, sub îndrumarea unor profesori ca Petru Poni, Anastasie Obregia, N. Costăchescu, Petru Bogdan, s-a născut pasiunea lui Gheorghe Spacu pentru chimie. După obținerea titlului de licențiat în chimie, a plecat în străinătate pentru a urma cursuri de specializare la Universitatea și școlile politehnice din Viena și Berlin și pentru a lucra în laboratoarele unor celebri chimiști germani. În anul 1907 este numit asistent, apoi (în 1914) conferențiar la catedra de chimie organică a universității ieșene. Și-a luat doctoratul în țară—al doilea doctorat în chimie acordat în Romînia. Începînd din anul 1919, a fost profesor de chimie anorganică la Cluj, iar în 1939 a fost numit profesor la Universitatea din București. După eliberarea țării de sub jugul fascist, Gh. Spacu își consacră munca de cercetător original și organizator pe tărîmul activității științifice operei de transformare socialistă a țării.

A fost membru al Academiei R.P.R., membru al Societății de chimie din Paris și al Societății americane de chimie din Washington.

Rezultatele originale[1] obținute de Gh. Spacu prin lucrările sale experimentale și teoretice în domeniul chimiei complecșilor i-au cucerit un loc de pionier în acest domeniu, pe frontul chimiei mondiale. A elaborat metode rapide de analiză și a fost precursor în folosirea metodelor fizice la cercetarea chimică. I se datoresc lui Spacu metode potențiometrice, electrolitice, colorimetrice de analiză.

Lucrările sale originale au fost publicate la Cluj, București, Viena și München. Împreună cu colaboratorii săi, publică rezultatele cercetărilor asupra sărurilor complexe, eterogene și omogene în soluții (Cluj, 1930).

Celebră este seria sa de lucrări analitice pentru determinarea cuprului, zincului, mercurului, nichelului, cobaltului și cadmiului, bismutului, argintului, antimoniului, manganului.

Un număr de aproximativ 250 lucrări experimentale îl au ca autor pe Gh. Spacu.

Standardul sovietic GOST 2076-48, metalurgic V-33, expune metoda lui Spacu pentru recunoașterea cuprului în minereurile de plumb.

[1] A descoperit o serie de clase noi de combinații: selenocianaminele simple și duble; amoniacații sărurilor simple, duble și complexe; boroflorurile complexe etc.

Cuvintele „reacția lui Spacu" sau, „reactivul Spacu" se rostesc în multe limbi ale lumii de către studenți, chimiști practicieni și cercetători.
Cercetător și creator de metode experimentale originale, academicianul Gh. Spacu a fost în același timp un pedagog neîntrecut.
Pentru chimia românească, pentru dezvoltarea ei în zilele noastre, cea mai luminoasă contribuție a academicianului profesor Gh. Spacu este creșterea unei strălucite generații de cercetători și profesori, care continuă și dezvoltă în condițiile socialismului tradiția cercetării chimice în patria noastră.

Radu Cernătescu (1894–1958)

În climatul de muncă pasionată de cercetare a avuțiilor solului și subsolului românesc, sub îndrumarea directă a pionierului chimiei ieșene — Gh. Spacu — s-a dezvoltat personalitatea lui Radu Cernătescu.
Născut la Huși în 1894, nepot după mamă al lui Poni, fiu de judecător, Cernătescu a urmat cursurile Liceului Național și apoi ale Facultății de științe din Iași, Secția fizico-chimice. Licențiat în 1916, este numit asistent la catedra profesorului P. Bogdan și-și susține teza de doctorat în chimie în anul 1920, iar mai apoi — în 1924 — examenul de docent în chimie fizică.
În 1932, Radu Cernătescu devine primul profesor de chimie analitică al Universității ieșene și apoi profesor de chimie fizică și analitică la Școala politehnică „Gheorghe Asachi", între 1938 și 1940. Începînd cu anul 1940 și pînă la sfîrșitul vieții (17 ianuarie 1958), conduce catedra de chimie anorganică a Universității din Iași.
Din tinerețe și-a însușit ideologia marxist-leninistă, îmbinînd apoi, în ilegalitate, activitatea de cercetător cu aceea de propagandist al concepției despre lume a clasei muncitoare și de luptător împotriva fascismului și pentru socialism.
A fost distins de două ori (1948 și 1954) cu Ordinul Muncii clasa I, și cu Premiul de Stat clasa I. În anul 1948, a fost ales membru titular al Academiei R.P.R. și apoi membru corespondent al Academiei de Științe maghiare.
Cu sprijinul partidului și guvernului, a organizat Institutul de chimie „Petru Poni" al Academiei R.P.R., Filiala Iași, la a cărui inaugurare a asistat în ultimele luni ale vieții.
Radu Cernătescu a fost un pedagog excepțional. „Cine l-a ascultat chiar numai o singură dată... expunîndu-și prelegerea, nu se poate să nu fi rămas profund impresionat, vrăjit de calitățile sale didactice"[1].
A publicat peste 80 de lucrări originale în revistele și analele științifice românești și străine, din domeniul chimiei fizice, anorganice, analitice și biologice.
Teza de doctorat a lui Radu Cernătescu a fost o lucrare de chimie fizică: *Legea lui Dalton aplicată la soluții concentrate*. Primele sale lucrări, după teza de doctorat, au fost tot de chimie fizică. S-a ocupat de potențialele unor metale în lichide organice, demonstrînd, printre altele, schimbarea în timp a potențialului metal-lichid.

[1] Cristofor Simionescu, *Radu Cernătescu*, în *Contribuții la istoria dezvoltării Universității din Iași 1860—1960*, vol. II, București, 1960, p. 101.

Radu Cernătescu

Ulterior, Cernătescu și-a îndreptat atenția spre problemele chimiei anorganice, în rezolvarea cărora a folosit curent metodele moderne fizico-chimice de cercetare.

Chimia complecșilor, la a cărei dezvoltare școala romînească de chimie, începînd cu Gh. Spacu, a adus interesante contribuții, l-a atras în mod deosebit. O bună parte din lucrările lui Cernătescu au fost consacrate studierii complecșilor. A pornit de la complecși anorganici simpli, cărora le-a studiat atent proprietățile. Cercetînd influența metalului generator de complex și a moleculelor sau grupelor acide care intervin în formarea complecșilor, el a izbutit să sintetizeze complecși anorgano-organici noi cu diamine ciclice și alcaloizi.

N-a părăsit studiul complecșilor pînă în ultimii ani ai vieții, cînd a izbutit să sintetizeze complecși de derivați halogenați ai unor baze cu azot în nucleu, substanțe cu însușiri bacteriostatice. Asemenea derivați halogenați ai bazelor cu azot (de exemplu: triiodclorpiridină) servesc la cultivarea unor bacili ai tuberculozei și ai bolii carbonoase, fără însușiri patogene, dar cu păstrarea acelor însușiri care fac posibilă utilizarea lor la prepararea de vaccinuri împotriva acestor boli.

Cu asemenea lucrări, cercetătorul pătrunde în domeniul chimiei biologice, unde izbutește să găsească metode noi de dozare (pentru vitamina pelagroasă) și noi reacții de recunoaștere (pentru alcaloizi). Folosind cele mai sensibile metode de dozare a elementelor din lichidele biologice umane (sînge, lichid cefalorahidian etc.), Cernătescu sprijină astfel direct cercetările biologice și medicale.

După stabilirea unei impresionante serii de metode chimice originale de analiză, el face cercetări în domeniul analizei polarografice, comunicînd rezultatele și ideile proprii în acest domeniu la Congresul de la Lisabona din anul 1956.

Urmărind ideea legării cercetărilor teoretice de nevoile practice, Cernătescu a studiat și aplicat metode de analiză cerute pentru caracterizarea minereurilor din țară, a luptat pentru introducerea în laboratorul de uzină a polarografiei, a elaborat standarde de stat, a făcut minuțioase analize de pulberi și ape naturale, importante pentru sănătatea publică.

Multilaterală și bogată, activitatea de cercetător a lui Radu Cernătescu s-a împletit cu aceea de militant pe tărîm social și politic. A cunoscut partidul în ilegalitate, i-a înțeles țelurile și a participat la lupta lui, a suferit per-

secuții în perioada dictaturii legionaro-antonesciene, a cunoscut recunoștința caldă și prețuirea obștească după eliberare.
În ultimii ani ai vieții, deși bolnav, a muncit cu entuziasm luminat de bucuria înfăptuirii năzuințelor din tinerețe, cărora le-a rămas credincios toți anii vieții.

A rămas doar o amintire vremea cînd chimiștii cercetători și profesori tînjeau după un aparat sau își jertfeau bruma de venituri pentru a realiza o instalație experimentală sau pentru a-și vedea publicată o lucrare originală! Cei ce își consacră eforturile înălțării edificiului chimiei românești au astăzi la dispoziție laboratoare moderne utilate cu cele mai fine instrumente de investigație.
Înconjurați de grija și prețuirea partidului, chimiștii vîrstnici și tineri ai patriei noastre sînt înfrățiți în munca de descoperire și prelucrare chimică a avuțiilor țării. Cu o tinerească vigoare, cu eficiența erudiției și a experienței de zeci de ani închinați cercetării, cu puterea izvorîtă din sentimentul creației utile patriei, savanții noștri din generația vîrstnică lucrează astăzi în linia întîi pe frontul chimiei românești. Trăind în ritmul revoluționar al creării unei puternice industrii chimice, ei predau producției rezultatele cercetărilor lor și conduc pe drumul investigației științifice generații de chimiști și ingineri, continuînd și dezvoltînd împreună cu aceștia tradiția școlii românești de chimie în condițiile desăvîrșirii construcției socialiste. Zeci de serii de absolvenți ai Facultății de științe și ai Politehnicii din București au avut prilejul să urmeze cursurile academicianului prof. dr. inginer *Costin D. Nenițescu* sau să lucreze sub conducerea lui științifică. Studiul hidrocarburilor din petrolul românesc, metode noi de sinteză, lămurirea — pe baza unor experiențe originale — a mecanismului unor reacții chimice, metode practice de producere a unor medicamente sau plastomeri se datoresc acestui chimist român, — teoretician și experimentator cu înfăptuiri deosebit de valoroase pe tărîmul creației științifice originale.
Începînd din anul 1930, paginile revistelor de specialitate și ale Dărilor de seamă academice din București, Berlin și Paris fac loc comunicărilor lui C.D. Nenițescu și ale colaboratorilor săi. Sînt larg cunoscute în cercurile chimiștilor lucrările despre acțiunea catalitică a clorurii de aluminiu în seria hidrocarburilor saturate cu demonstrarea „transferului de hidrogen"; lucrările despre izomerizarea hidrocarburilor saturate aciclice sub influența clorurii de aluminiu umede, asupra mecanismului sintezei cetonelor saturate din hidrocarburi saturate și cloruri acide, lucrările cu privire la reacțiile de condensare ale oxidului de carbon cu hidrocarburi saturate. Toate lucrările de mai sus se referă la anii 1930...1936.
Au urmat cercetări privind sinteza ciclobutanului, mecanismul polimerizării etenei la presiuni joase, elaborarea metodei practice de obținere a polietenei și polipropenei, a unor sulfamide, lucrări care constitue contribuții directe la dezvoltarea industriei chimice socialiste.
Tratatele de chimie generală și organică ale academicianului C.D. Nenițescu și-au cîștigat o largă prețuire, atît în țară cît și peste hotare. Primele două

volume din *Manualul inginerului chimist* sînt pe masa fiecărui cercetător și practician.

În jurul lui, un numeros colectiv activează cu succes în cele două direcții esențiale ale cercetării chimice: cercetarea fundamentală de perspectivă și cea aplicată, pentru găsirea soluțiilor practice imediat necesare proiectării uzinelor chimice, creării de noi produse sau ameliorării metodelor actuale de producție.

În publicațiile științifice din Cluj, Timișoara, București, Moscova, Leipzig, Paris sînt consemnate lucrările originale de chimie ale academicianului profesor doctor *Ilie Murgulescu*[1].

Împreună cu acad. Gh. Spacu, el a efectuat o serie de studii experimentale în domeniul combinațiilor complexe de tiosulfat de cupru și argint cu amoniu, potasiu și sodiu, precum și asupra oxalaților de cobalt.

Una din cercetările sale în domeniul metodelor fizice de analiză chimică s-a încheiat, între anii 1957 și 1959, prin elaborarea a două metode originale de evaluare a refracției individuale a ionilor.

A întreprins de asemenea cercetări de chimie analitică asupra combinațiilor mercurului, folosind metoda potențiometrică și a pus la punct metoda conductometrică de titrare a molibdaților și wolframaților cu azotat de argint și a cianurilor complexe cu fier. A adus contribuții la teoria proceselor de oxidoreducere ce intervin în analize, creînd astfel punți de legătură între chimia fizică și analitică. Urmărind acțiunea hidrogenului și metanului asupra clorurilor alcaline și alcalino-pămîntoase, a obținut, împreună cu colaboratorii săi, un brevet de invenție pentru „conversiunea metanului prin cloruri metalice" în anul 1934. În același an a studiat descompunerea fotochimică a cobalttioxalatului de potasiu.

Cele mai noi metode de cercetare fizică a fenomenelor chimice și printre ele cromatografia, spectrometria de masă, fotometria în infraroșu sînt aplicate azi în laboratoarele de chimie fizică din țara noastră pentru a adînci cunoașterea structurii substanțelor și a cineticii fenomenelor chimice. Se cercetează, din punctul de vedere al chimiei fizice, proprietățile amestecurilor de săruri topite, oxidarea unor metale la temperaturi înalte, soluțiile apoase de amestecuri de electroliți, pasivizarea anodică a unor oțeluri aliate.

În „Proceedings of Royal Society" (vol. 262, 1961, p. 442, B. Cleaver, E. Rhodes, A. Ubbelohde), în „The Journal of Physical Chemistry" (vol. 63, nr. 5, mai 1959, p. 741, Kurt H. Stern), în „Refractometria pentru chimiști" de Joffe sînt citate și indicate lucrări ale acad. Ilie Murgulescu și colaboratorilor săi.

La Cluj, academician profesor doctor *Raluca Ripan* continuă tradiția lucrărilor originale de chimie, îmbogățind arsenalul analiticii și descoperind noi posibilități de chimizare a avuțiilor patriei.

După o serie de lucrări care au pus la îndemîna laboratoarelor de cercetare și de uzină metode noi și rapide de identificare și dozare a substanțelor

[1] Născut în comuna Cornu din regiunea Oltenia, în anul 1902; doctor în chimie al Facultății de științe din Cluj (1930).

chimice, colectivul clujean a abordat probleme esențiale de valorificare a bogățiilor minerale ale subsolului. Concentrarea și izolarea telurului și plumbului (1956) au format unul din obiectivele cercetărilor sale încununate de succes. Colectivul din Cluj desfășoară un bogat program de cercetări experimentale și teoretice legat direct de problemele planului de dezvoltare a industriei chimice romînești. Pe baza lucrărilor sale experimentale, acad. R. Ripan, împreună cu colaboratorii săi, a comunicat rezultate interesante în legătură cu structura izo- și heteropolicombinațiilor. Cartea de chimie analitică a acad. Raluca Ripan, de concepție originală, elaborată pe baza celor mai noi cercetări pe plan mondial și incluzînd metode analitice proprii, reprezintă o prețioasă călăuză în activitatea lucrătorului științific din laboratoarele universităților, institutelor de cercetare și ale uzinelor.

În domeniul biochimiei, academicianul profesor *Eugen Macovschi* conduce lucrări experimentale și teoretice privind metabolismul celular. În ultimii ani a stîrnit un viu interes în lumea chimiștilor teoria originală a profesorului acad. Eugen Macovschi cu privire la originea și caracteristicile esențiale ale materiei vii.

Sînt aproape 40 de ani de la primele lucrări ale profesorului *Eugen Angelescu*, membru corespondent al Academiei R.P.R. În anul 1923 publică la București lucrarea *Despre adsorbția și repartiția între doi dizolvanți imiscibili*, alegînd astfel drumul aplicațiilor chimiei fizice la cercetarea organică. Chimia coloidală era încă la începuturile ei, cînd prof. E. Angelescu publică cercetările sale originale în domeniul chimiei coloidale în volumul *Lucrările celui de-al nouălea Congres Internațional de Chimie pură și aplicată*, Madrid, 1934. Continuînd cercetările de chimie coloidală, publică (1938), în dările de seamă ale celui de-al zecelea Congres Internațional de Chimie de la Roma, *Contribuții la studiul unor coloizi liofili*, iar în 1940, o serie de studii referitoare îndeosebi la sistemul săpun-crezol-apă, în „Kolloidzeitschrift".

Problemele teoretice legate de experiențele de chimie coloidală le tratează în 1937, în lucrarea: *Emulsiile în lumina teoriei sistemelor tridimensionale* apărută la București.

Tot la București apare în 1940 *Cercetări asupra saponificării nitrililor*, iar între 1941 și 1948, o serie de lucrări asupra solubilității hidrocarburilor. Studiile originale de chimie coloidală și chimie fizică aplicată la organică au făcut posibilă — cu prilejul cercetărilor asupra solubilității uleiurilor vegetale, în 1953 — stabilirea unei noi constante (punctul de furfurol) și elaborarea tehnicii de determinare. Prin aceasta s-a obținut un nou mijloc de control și urmărire a calității produselor.

Zeci de cercetări ale noii generații de chimiști sînt inspirate și conduse de șeful catedrei de chimie organică a Universității din București.

Au fost citate doar cîteva nume dintr-un puternic detașament de creatori pe tărîmul chimiei romînești. Sute de lucrări originale comunicate la sesiunile științifice ale Academiei și ale institutelor de cercetări, publicate în

periodicele de specialitate din țară și din străinătate, vorbesc despre activitatea producătorilor acelei „substanțe" neprețuite, care este cunoașterea legilor și condițiilor de desfășurare a reacțiilor chimice.

Activitatea cercetătorilor noștri este fertilizată de concepția despre natură și societate a clasei muncitoare și de conștiința apropierii materiale a viitorului comunist al omenirii.

Într-un climat de efervescență creatoare, pe care l-au visat pionierii chimiei românești, lucrează astăzi — sub conducerea clarvăzătoare a partidului — în laboratoare, în uzine, la catedre, oamenii care contribuie la transformarea țării noastre într-o țară a industriei bazate pe tehnica cea mai înaintată, într-o țară în care rolul pe care-l are de jucat chimia ne îngăduie s-o numim și țară a chimiei.

XXXIV. Noi orizonturi

Doi șerpi uriași încolăciți peste clădirile „City"-ului londonez, dărîmînd dintr-o singură mișcare construcții cu multe etaje, năpustindu-se unul asupra altuia. Unul dintre șerpi poartă inscripția „Courtaulds", celălalt „I.C.I.". Primul și-a înfipt colții veninoși în cel de-al doilea. „I.C.I." își întinde amenințător gura căscată spre trupul inamicului.

Cele de mai sus alcătuiesc conținutul unei caricaturi apărute în ziarul englez „Daily Mail" sub titlul *În junglă*. Eroii caricaturii sînt două trusturi chimice. Primul dintre ele, „I.C.I." („Imperial Chemical Industries") are un capital de aproximativ 700 000 000 lire sterline, iar în întreprinderile lui lucrau în 1961 peste 110 000 de oameni. Cel de-al doilea, „Courtaulds", are un capital de numai 208 000 000 lire sterline, cu 60 000 salariați.

„I.C.I." are o producție foarte variată, de la îngrășăminte la explozivi, de la metale neferoase la fibre sintetice. „Courtaulds", care prelucrează în cele 30 de fabrici ale sale nailonul și terilenul produs de „I.C.I.", deține 95% din producția engleză de mătase artificială și aproape un sfert din producția engleză de coloranți; este proprietar al unor fabrici de fibre sintetice din Italia, Franța, Germania occidentală.

Conflictul deschis dintre „I.C.I." și „Courtaulds" s-a declarat din momentul în care trustul consumator de fibre sintetice, „Courtaulds", încerca să se emancipeze de sub dominația furnizorului său de materii prime, prin achiziționarea de fibre de la concurentul american al „I.C.I.", trustul „Dupont". Acest conflict s-a încheiat prin înghițirea trustului „Courtaulds" de către „I.C.I.". Și astfel, supergigantul chimic englez, născut în 1962, devine un concurent pe măsura celui mai mare monopol capitalist contemporan în industria chimică: trustul american „Dupont". Fuzionarea „I.C.I."-„Courtaulds" sau „integrarea pe verticală", cum o numesc financiarii monopolurilor, este o pregătire pentru războaiele pe arena „pieței comune europene". Ca toate celelalte concentrări de capitaluri, fuziunea trusturilor chimice engleze, ca și a celor americane sau germane, înseamnă aruncarea pe drumuri a mii de muncitori din întreprinderile „nerentabile", prețuri mari impuse consumatorilor și limitarea producției prin folosirea necompletă a capacității de producție, prin tăinuirea patentelor și prin tot felul de mijloace — căci aici contează nu nevoile maselor largi, ci interesele marilor deținători de capital.

Caricatura din „Daily Mail" caracterizează destul de bine relațiile din jungla capitalistă.

În lumea capitalului, cercetarea științifică este supusă acțiunii dăunătoare a acelorași legi care guvernează și producția. Știința este tot mai mult operă colectivă a zeci de mii de cercetători și practicieni din lumea întreagă; ea capătă astfel un caracter tot mai larg, social. Pe măsură ce se concentrează și se centralizează capitalul, știința este subordonată intereselor unui număr tot mai mic de trusturi gigantice sau intereselor statului reacționar, exponent al marelui capital.

După cum am mai văzut, epoca imperialismului cunoaște crize nu numai în domeniul economic, ci și în acela al teoriei științifice, cum a fost vestita „criză a fizicii". Direcția cercetărilor experimentale, variind în funcție de interesele momentane ale trusturilor comanditare, suferă și ea schimbări bruște. Se părăsește o linie de cercetare pentru a se trece la alta, dacă o cer „sfintele" imperative ale unei piețe sau conjuncturi. Și aci există o mare risipă a forțelor, folosirea incompletă a capacității de creație, așa cum incompletă este folosirea capacității de producție. Omul, sănătatea și bunăstarea lui, interesele obștești n-au nici o pondere în direcționarea activității științifice, caracterizată prin aceeași anarhie generală ce domină și economia capitalistă. Progresele care se realizează totuși, sînt mult mai mici decît posibilitățile și necesitățile epocii noastre.

Cheltuielile pentru cercetări științifice ale trusturilor chimice în S.U.A. și Anglia oscilează între 3 și 7% din valoarea vînzării produselor, ceea ce este relativ foarte puțin. În schimb, aceleași trusturi cheltuiesc sume enorme pentru reclamă, pentru a convinge pe sănătoși și bolnavi de obligativitatea consumului zilnic al medicamentelor lansate de ele.

Caracteristic pentru știința capitalistă este, mai cu seamă, modul cum se folosesc descoperirile științifice.

În anii pe care îi trăim, în timp ce constructorii comunismului au deschis omului drumurile albastre ale galaxiei, capitalismul trăiește a treia etapă a crizei sale generale, criză continuă și progresivă, care cuprinde economia, cultura, politica și ideologia capitalismului.

Tendința de frînare a progresului tehnic este una din expresiile procesului de decădere și descompunere a sistemului imperialist.

Pentru modul în care folosesc trusturile capitaliste descoperirile chimiei moderne, sînt semnificative unele date și informații din domeniul producției de medicamente.

În S.U.A. o tabletă de „meprobamat" are un preț de producție de 0,7 cenți. Consumatorul plătește pentru ea 10,8 cenți. Prețuri de vînzare de 11 și de 19 ori mai mari decît cel de cost sînt lucrul cel mai obișnuit. Tetraciclina și antibioticele în general, diureticele, calmantele, hormonii corticosteroni intră în categoria produselor farmaceutice suprasolicitate și, de aceea, supraspeculate de trusturile „American Cyanamid", „CIBA" sau „Merck".

Se citează cazuri — ca de pildă cel în legătură cu vitamina D — în care unități de producție farmaceutice ale trusturilor chimice au înrăutățit intenționat calitatea unor medicamente, pentru a menține ridicat prețul celor de calitate bună.

Patentul pentru tetraciclină a fost aprig disputat de 5 trusturi americane. Rezultatul? Prețul acestui fel de antibiotice n-a înregistrat într-o perioadă de 10 ani (1951—1960), nici un cent reducere.

În ziare, în reviste și chiar în procese publice răzbate indignarea muncitorilor, funcționarilor, a fermierilor împotriva unui sistem, care nu este

numai pur și simplu jaf, ci un adevărat atac coordonat împotriva sănătății și a existenței fizice a celor ce nu sînt bancheri, trustmeni sau mari negustori. Sub presiunea maselor, senatul american a fost obligat să deschidă o anchetă... Raportul comisiei conține 16 000 pagini de mărturii și probe, care acuză nerușinata speculă cu sănătatea oamenilor. Nimeni nu se așteaptă însă la o schimbare a sistemului, în urma unei astfel de anchete.

Așa cum nimeni nu se așteaptă la înlăturarea îngrozitorului flagel al toxicomaniei care bîntuie în Japonia, S.U.A., Italia, Franța, în menținerea și extinderea lui fiind interesate atotputernice trusturi chimice.

Statisticile înregistrează sute de mii de toxicomani în Japonia. Un procent de 50% din toxicomanii din S.U.A. sînt implicați în crime de drept comun. Ziarele și revistele italiene descriu cu lux de amănunte decăderea morală și fizică a unor reprezentanți ai protipendadei capitaliste, „cuceriți" de pasiunea stupefiantelor și mai ales de comerțul înfloritor cu stupefiantele. Adolescenți de 16 ani, care par de 30, oameni cu fețe de o paloare cadaverică, imbecilizați, cu priviri tulburi, în care se citește demența. Companii engleze, japoneze și americane alimentează visurile albe ale consumatorilor de morfină și heroină, storcînd din această afacere profituri fabuloase. Un kilogram de heroină ajunge de la un preț de cost de cîteva sute de dolari, la 350 000 de dolari. Acțiunile de fațadă ale polițiilor din statele capitaliste și procesele răsunătoare nu pot, desigur, să oprească evoluția acestui flagel, care exprimă și el decăderea și descompunerea regimului capitalist.

Trusturile au izbutit să transforme pe unii cercetători, fie ei fizicieni sau chimiști, în niște „monștri ai cercetării". Aceștia pregătesc, în laboratoare tainice, mijloace îngrozitoare de exterminare. Hoardele fasciste ale lui Mussolini au folosit gaze asfixiante produse de asemenea monștri chimiști, care știau la ce sînt bune, în războiul imperialist împotriva Etiopiei. În laboratoarele secrete ale lui „I.G. Farbenindustrie" s-au preparat gazele folosite de naziști la uciderea în masă a bărbaților, femeilor și copiilor în camerele de gazare ale lagărelor morții.

Chimiștii naziști au pregătit, în timpul celui de-al doilea război, gaze teribile de luptă, pe care le-au botezat cu nume bizare, ca de pildă „tabun" și „sarin". Unul dintre aceste gaze acționează selectiv asupra structurilor nervoase, blocînd chimic acetilcolina, hormon specific, cu rol esențial în trecerea influxului nervos prin sinapse. Se dereglează astfel întregul sistem de transmitere a comenzilor între centrii nervoși, iar omul atins înnebunește brusc. Gaze care ucid sau înnebunesc, iată ce arme au pregătit trusturile chimice. Ele se plăteau foarte bine...

Naziștii au fost opriți la timp de către armatele sovietice eliberatoare. „Cercetările" începute de ei sînt continuate însă în laboratoare secrete din S.U.A.

În felul acesta, descoperiri ale geniului uman, uriașe posibilități de transformare a condițiilor de viață ale oamenilor pe baza științei actuale sînt folosite de trusturile imperialiste pentru producerea mijloacelor de exterminare. Aceasta asigură monopolurilor capitaliste profituri uriașe. Astfel goana înarmărilor, aducînd omenirii poveri de nesuportat și groaznice primejdii, înseamnă în același timp în lumea capitalistă, o puternică presiune a militarismului asupra științei și tehnicii, o dezvoltare unilaterală, nesănătoasă, antiumană a acestora.

În timp ce economia statelor imperialiste bate pasul pe loc, iar capitalismul devenit capitalism monopolist de stat este subminat de propriile lui contradicții, țările socialiste cunosc avîntul unei dezvoltări fără egal în istoria lumii.

Sistemul mondial socialist s-a transformat în factorul hotărîtor al dezvoltării societății omenești. Clasa muncitoare din țările imperialiste are în fața ochilor modelul viu al statelor socialiste care construiesc, fără crize și șomaj, pe baza planurilor economice de stat, societatea colaborării umane. Comunismul nu mai este un vis îndepărtat; construcția sa este realitatea cea mai semnificativă a epocii noastre. Cel de-al treilea program al P.C.U.S., Manifestul Comunist al epocii noastre, prevede cu luciditatea științei contururile ferme și luminoase ale viitorului apropiat al omenirii.

În același timp, tot mai multe popoare scutură lanțurile exploatării coloniale și pășesc pe calea consolidării independenței și a dezvoltării economiei cu sprijinul dezinteresat al Uniunii Sovietice și al celorlalte țări socialiste, în care văd un exemplu vrednic de urmat.

Socialismul dovedește prin practica sa că poate asigura îndreptarea creațiilor geniului uman spre înfrumusețarea vieții omului. Numai orînduirea din care este exclusă exploatarea și relațiile de junglă poate transforma știința într-o forță de neîncetată ridicare a nivelului de viață materială și spirituală a omului.

Automatizarea, sursă de șomaj cronic în țările capitaliste, devine în socialism sursă de ușurare a muncii, de creștere a bunăstării, mijloc de lichidare treptată a deosebirilor esențiale dintre munca fizică și munca intelectuală. Succesele științelor naturii și ale aplicațiilor lor în condițiile construirii comunismului îi dezorientează pe ideologii burgheziei. Dezorientarea lor se exprimă în cărți, articole și declarații, în întrebările pe care și le pun în legătură cu „miracolul" industriei, științei și tehnicii sovietice sau al dezvoltării celorlalte țări socialiste, — al țării noastre, între altele.

Tehnicienii din țările imperialiste sînt frămîntați de întrebări de ordin mai concret: ce combustibil folosesc sovieticii pentru a lansa navele lor cosmice? Cum au rezolvat ei problema atît de dificilă a materialelor suprarefractare folosite în construcția acestor nave?

A nega astăzi întîietatea științei și a realizărilor tehnice sovietice în domenii din cele mai importante ale cercetării și practicii productive, este cu neputință chiar și pentru cei mai înrăiți dușmani ai comunismului. Prioritatea sovietică în domeniul zborurilor cosmice este o realitate care nu cunoaște dezmințire. Succesele matematicii, fizicii și chimiei sovietice nu pot fi tăgăduite.

Ideologii burgheziei se străduiesc să dea răspunsuri și soluții la întrebările și problemele chinuitoare pentru ei, pe care le ridică marile succese ale construcției comunismului. Ei nu pot da însă decît răspunsuri parțiale. „Țările occidentale au prea puține școli" spun unii, „Nu s-a dat atenție pregătirii teoretice și practice a tinerei generații". „Sovieticii au cheltuit sume enorme pentru educație și instrucție".

Ideologii burgheziei, chiar cei care au înțeles că decalajul dintre ritmul dezvoltării științei în țările socialismului și în țările imperialiste se mărește mereu în favoarea socialismului, nu pot sesiza esența transformărilor calitative, caracteristice pentru o societate care creează astăzi baza tehnico-materială a comunismului.

În toate țările socialismului, o dată cu înlăturarea monopolului unui pumn de capitaliști asupra mijloacelor de producție, dispar și frînele care împiedicau dezvoltarea firească a forțelor de producție și a creației științifico-tehnice. Pe baza materială a unei economii în dezvoltare impetuoasă și pe baza ideologiei științifice a materialismului dialectic, știința, îndrumată de partidul marxist-leninist și sprijinită pe toate căile de statul socialist, găsește climatul și condițiile de desfășurare, pe care nici o altă orînduire nu i le poate asigura. Fiind orientată spre obiectivele esențiale ale dezvoltării societății socialiste, spre satisfacerea nevoilor vitale ale oamenilor muncii, întregul popor o consideră drept o cauză a sa. Revoluția culturală din țările socialiste creează condiții noi, necunoscute de orînduirile anterioare, pentru generalizarea cuceririlor științei. Numai în Uniunea Sovietică se numărau, în anul 1960, 354 mii de lucrători științifici.

Ideologii burgheziei nu pot înțelege că, în ultimă analiză, comunismul este știința în acțiune, că științele naturii devin în orînduirea socialistă o forță nemijlocită de producție. Ei nu sînt în stare să înțeleagă că, în socialism, dispare contradicția dintre caracterul social al cercetării științifice și însușirea de către capitaliști a rezultatelor practice ale activității științifice. Ei nu pot sesiza caracterul de front neîntrerupt, pe toate planurile și domeniile științei în socialism. Și nici faptul că pe mai mult de un sfert de glob, pe un teritoriu pe care trăiește mai mult de 1/3 din populația lumii, nu există zidurile secretului științific și tehnic, ridicate de trusturile înnebunite de sete de profit, nu funcționează resorturile concurenței, vrajbei și urii, ci colaborare și întrajutorare socialistă.

În locul fărîmițării eforturilor științifice, caracteristică societății capitaliste, în țările socialiste întreaga cercetare științifică este armonizată într-un plan, cu linii principale și secundare de atac, împărțit pe teme și probleme, corelat pe ansamblul lumii socialiste.

Economia, tehnica și știința — legată prin toate fibrele ei de economie și tehnică — slujesc în socialism satisfacerii cît mai depline a cerințelor materiale și spirituale ale omului. Tehnologia chimică și știința chimiei nu fac, desigur, excepție de la această lege.

Chimia intervine în transformarea condițiilor de viață ale omului, prin crearea materialelor de construcție pentru mașini, a mijloacelor de transport, a locuințelor, obiectelor de uz curent; prin crearea fibrelor și a „țesăturilor nețesute", care aduc rezolvarea radicală a problemei îmbrăcămintei; ea contribuie la multiplicarea rodului ogoarelor și tinde să creeze mijloacele de realizare a unor surse inepuizabile de hrană. Chimia modernă deschide o cale nouă energeticii „a cărei sarcină este de a spori, de un număr uriaș de ori, forțele fizice ale omului"[1] și își împrumută procedeele celorlalte industrii: metalurgică, a cărbunelui și petrolului.

Generalizarea tehnicii chimice în diferitele ramuri ale producției — „chimizarea producției" —, alături și împreună cu electrificarea, înseamnă o treaptă nouă, superioară în activitatea productivă a oamenilor, înseamnă muncă mai ușoară, mai spornică. Cercetarea mijloacelor de chimizare a materiilor prime, a industriilor nechimice, a agriculturii reprezintă tema fundamentală a cercetătorilor chimiști din toate țările socialiste.

[1] N. N. Nesmeianov, *Omul și natura*, în „Pravda", nr. 27, 1961.

Ar fi iluzorie încercarea de a prezenta sistematic — chiar într-o formă foarte condensată — toate cercetările de chimie experimentală care se desfășoară în institutele științifice și în uzinele chimice ale lumii socialiste. Cîteva exemple pot da însă o vagă imagine a frontului larg pe care cercetătorii chimiști, participanți la construcția comunismului, atacă fortăreața cunoașterii, smulgînd naturii și creînd — pe baza legilor naturii — mijloace de luptă cu boala, cu frigul, căldura, acțiunea distructivă a intemperiilor, a dăunătorilor vegetali și animali, creînd materiale și procedee de multiplicare a resurselor energetice, materiale și combustibil pentru călătoriile pe cărările nebătute ale cosmosului.

Pentru mașinile de mare viteză caracteristice noii tehnologii automatizate, ca și pentru rachetele și navele cosmice, sînt necesare oțeluri care să reziste la turații ce depășesc 100 de mii de rotații pe minut: aliaje de niobiu, wolfram, molibden, beriliu. Constructorii de nave și rachete folosesc materiale care au de rezistat la coroziune în atmosferă oxidantă și la temperaturi de 3 000— — 5 000°C. Metalurgia sub vid și în atmosferă inertă, cuptoarele de topit metalele cu fascicule de raze electronice, procedeele termomecanice și termomagnetice, metalele de puritate absolută, monocristalele de oxizi metalici rezistente la temperaturi înalte și în același timp plastice (îmbinînd astfel însușirile prețioase ale metalelor, ușor prelucrabile, cu rezistența termică a oxizilor) contribuie la rezolvarea problemei: materiale noi pentru sarcini noi.

Fizica se întîlnește cu chimia în întreg domeniul materialelor folosite de tehnica actuală. În Uniunea Sovietică au fost elaborate principiile, pe baza cărora s-au creat — pornind de la teoria corpului solid — feritele și corpii seignetoelectrici. Acești corpi au proprietăți electrofizice, care le-au dat numele, devenit celebru, de semiconductoare și care au deschis calea uluitoarelor progrese actuale ale radioelectronicii. Pentru dezvoltarea ulterioară a radioelectronicii, savanții sovietici experimentează sinteza unor polimeri noi, cu proprietăți electrofizice dinainte stabilite.

În domeniul polimerilor, chimiștii sovietici au pus la punct procedee industriale de preparare a polipropilenei stereoregulate. În Uniunea Sovietică se vor produce sute de mii de tone de polimeri de tip polipropilenic. Firele de propilenă stereoregulată depășesc, ca rezistență, cele mai bune oțeluri, dar cercetătorii sovietici nu se mulțumesc cu atît. Ei cercetează mijloacele de obținere a unor clase de corpi de sinteză, care să îmbine rezistența metalelor cu elasticitatea cauciucului și rezistența termică a oxizilor. Domeniul sintezei combinațiilor macromoleculare anorganice este cercetat cu succes în institutele de chimie ale U.R.S.S., iar surprizele acestei chimii organo-anorganice se ivesc la orizontul apropiat.

O clasă de polimeri cu proprietăți magnetice speciale, asemănătoare cu magnetismul fierului, a fost creată în ultimii ani.

Sub numele de plastobeton și armoplastbeton, au fost introduse în tehnologie materiale de construcție noi, care îmbină componentele și proprietățile betoanelor cu cele ale maselor plastice sintetice. Drept material liant se folosesc polimerii sintetici, care fie că înlocuiesc cu totul cimentul, fie că-l completează. Monomerul FA, pe bază de furfurol și acetonă, combinat cu acidul benzosulfuric, se folosește în plastobetoanele fără ciment. Întărirea lor se produce la temperatura obișnuită. Cu ajutorul acestor materiale se pot produce panouri termoizolante, pardoseli, pereți pentru incinte cu

atmosferă corosivă, mai ușoare, mai rezistente și mai ușor prelucrabile decît betoanele obișnuite cu ciment.

În anul 1961, primele zeci de mii de carate de diamant artificial au fost produse în Uniunea Sovietică. Foarte curînd, producția de diamante artificiale, rezultat al cercetărilor comune ale fizicienilor și chimiștilor sovietici, va satisface în întregime necesitățile economiei sovietice. Experiențele efectuate asupra instrumentelor abrazive cu diamant artificial au demonstrat că duritatea suprafeței active a acestor instrumente este cu 40% mai mare decît a celor fabricate cu diamant natural. Cristalele de diamant, obținute prin transformarea, la presiuni uriașe, a structurii grafitului, încorporate în instrumentele de așchiere, fac posibilă, între altele, prelucrarea metalelor de care au nevoie constructorii de nave cosmice.

Experiențe de mare anvergură cu îngrășăminte chimice lichide au fost efectuate pe solurile Ucrainei, ale regiunilor centrale din partea europeană a U.R.S.S., pe pămînturile Siberiei vestice și ale Asiei centrale. Îngrășăminte cu magneziu, cu fier, microîngrășăminte cu bor, mangan, molibden și cupru se experimentează pe vaste întinderi ale cîmpiilor U.R.S.S.

Alături de aceste mijloace de reîmprospătare și îmbogățire a solului agricol, se cercetează stimulatorii de creștere și, în general, producerea și folosirea substanțelor necesare activării dirijate a metabolismului plantelor și animalelor. S-a pus la punct în ultimii ani o nouă metodă pentru producerea vitaminei B_{12}, substanță de însemnătate primordială nu numai ca medicament, dar și ca microadaos pentru sporirea productivității sectorului animalier. S-au sintetizat serii de substanțe pentru combaterea dăunătorilor agricoli, printre care preparatul fosforo-organic M-81.

Un loc esențial îl ocupă, în cercetarea fizico-chimiștilor sovietici, proprietățile materiei vii. S-au descoperit, în ultimii ani, de către un colectiv de cercetători sovietici, proprietățile magnetice, cu totul excepționale, ale acidului dezoxiribonucleic și al compușilor acestui acid cu proteine. Aceiași cercetători au pus în evidență faptul că magnetismul specific al unei culturi de drojdie crește de zeci de ori în perioada ciclului de diviziune al celulei. Aceste cercetări de biologie moleculară deschid — după cum arată acad. N.N. Nesmeianov — perspectiva folosirii mecanismului biochimic ca model pentru elaborarea unor procese și utilaje pentru industria chimică. Cercetarea și reproducerea simplificată a mecanismelor biochimice sînt menite să ducă la o adevărată revoluție a industriei chimice.

Să amintim, în sfîrșit, această experiență de tehnologie chimică anunțată de Agenția TASS la 9 noiembrie 1961.

„În Ucraina a fost experimentată cu succes conducerea unui proces chimic complex de la o distanță de 630 km. Experiența a durat 48 de ore, fără întrerupere. Mașina electronică «Kiev», instalată la centrul de calcul al Academiei de Științe a R.S.S. Ucrainene, din Kiev, a reglat procesul producției de sodă calcinată de la combinatul «Slaviansk» din bazinul Donețului. Pe baza informațiilor obținute prin cablu, mașina de calculat a executat peste un miliard de operații, căutînd tehnologia cea mai avantajoasă și a comandat aparatele agregatului chimic".

Această experiență este fără egal în practica mondială. În ceea ce privește durata, ea depășește de aproximativ 7 ori experiențele similare făcute în Statele Unite ale Americii.

Dar oricîte exemple s-ar cita, ele ar fi incomplete.

Cercetătorii chimiști ai Uniunii Sovietice descoperă minereuri necunoscute pe fundul oceanelor; cercetează compoziția atmosferei pînă la mii de kilometri, ei creează alimente speciale pentru cosmonauți în zborul cosmic, aliaje metaloceramice și sticle suprarefractare rezistente la temperaturi de mii de grade; ei creează aliaje termorezistente și supraconductibile la temperaturi înalte pentru dispozitivele de preluare a energiei din recipienții magnetici, în interiorul cărora temperaturile depășesc pe cele ale soarelui; ei studiază cu aparatele de la bordul navelor cosmice structura materiei în galaxie, culegînd direct din macrocosm date și informații despre structura materiei, care se integrează cu cele obținute din cercetarea micului cosmos al nucleului.

O adevărată chimie cosmică se constituie — pe lîngă astrobiologie și cosmonautică — în cadrul științei despre cosmos.

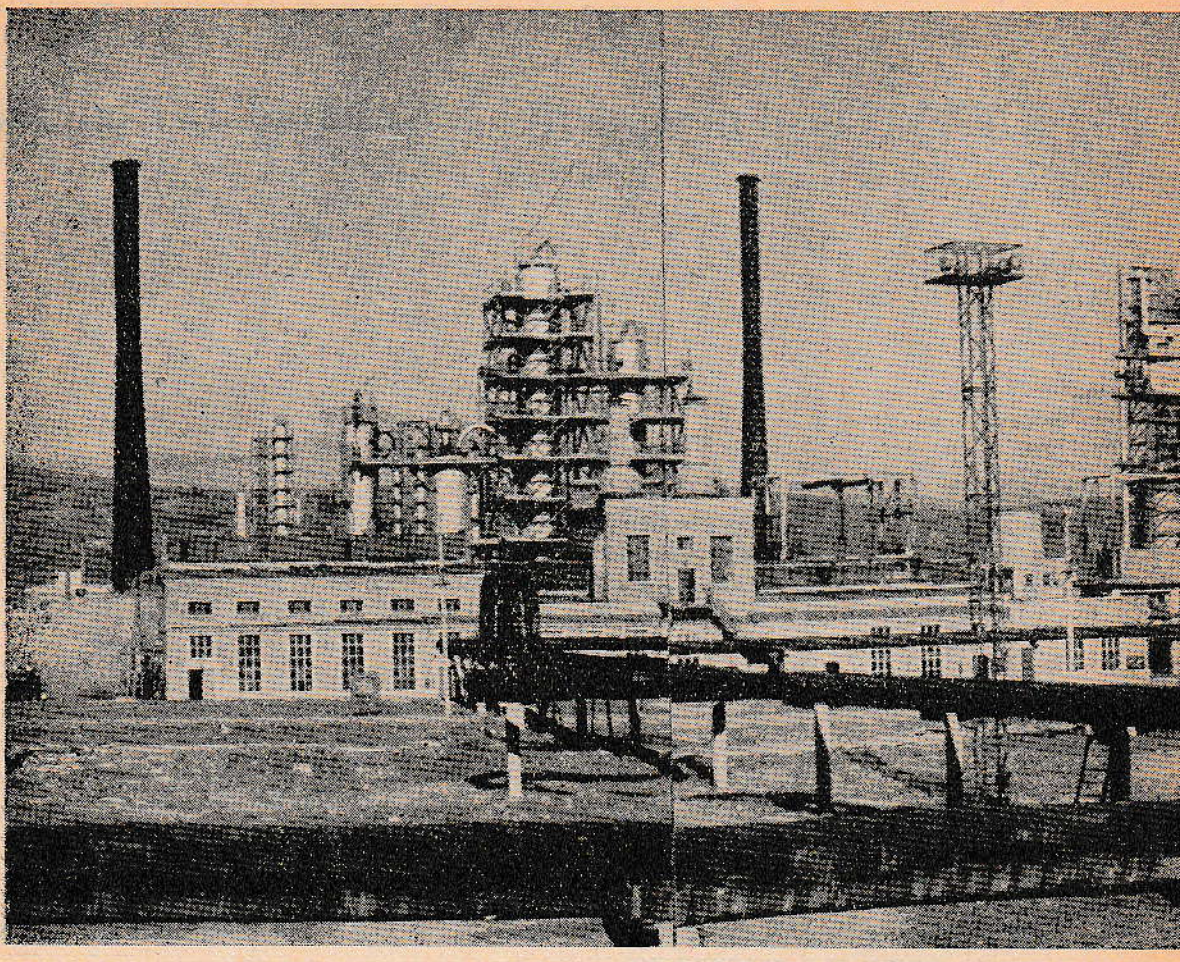
Comunismul dă și cercetării chimice, ca și întregii activități creatoare a omului, dimensiuni noi.

Înfrățindu-și eforturile cu ale cercetătorilor din U.R.S.S. și din celelalte țări socialiste, fizicienii și chimiștii patriei noastre activează în primele rînduri ale cercetării naturii, ale luptei pentru înnobilarea vieții, pentru om.

XXXV. Largi perspective ale chimiei în Romînia

Generația noastră trăiește anii minunatului program de dezvoltare a economiei naționale în perspectivă, trasat de Congresul al III-lea al P.M.R.
În acești ani rolul chimiei în economia națională va crește necontenit. „Industria chimică — arată tovarășul Gh. Gheorghiu-Dej — are un rol deosebit în asigurarea economiei naționale cu materii prime și materiale de mare importanță pentru îmbunătățirea calității, lărgirea sortimentelor și ieftinirea produselor industriale și de bunuri de consum. Noile produse sintetice realizate de chimia modernă devin din ce în ce mai mult elementele progresului tehnic și se introduc cu rapiditate în toate ramurile economiei și în viața de fiecare zi. Creșterea rolului chimiei în economie se va reflecta în sporirea ponderii industriei chimice în totalul producției industriale..."[1]
Trăim acele prefaceri în tehnică, producție și cultură, care au devenit posibile numai după lichidarea relațiilor de exploatare și înlocuirea lor prin relații de colaborare în producție. Sub conducerea partidului, viața noastră capătă sensuri și dimensiuni noi.
Mecanizarea, automatizarea și procedeele tehnice avansate pătrund în uzinele existente, iar cele noi sînt concepute, construite și dotate la nivelul ultimelor realizări pe plan mondial.
Agricultura, devenită în totalitatea ei o agricultură socialistă, își însușește metodele științifice de producție. Pe pămînturile gospodăriilor de stat, pe ogoarele unite ale gospodăriilor agricole colective se aplică, într-un ritm mereu în creștere, rezultatele cercetărilor agro- și biochimice, alături de forța cailor-putere a tractoarelor. Laboratorul de creație științifică devine o pîrghie de transfer al rezultatelor cercetării spre uzine și spre ogoare.
Pentru ritmul dezvoltării chimiei în patria noastră sînt grăitoare cîteva cifre. În 1960, producția industriei chimice a fost de peste 2,3 ori mai mare decît în 1955, depășind de 11 ori nivelul din 1938. În anii programului de dezvoltare în perspectivă, producția chimică pe cap de locuitor va ajunge și va depăși pe aceea a unor țări industriale capitaliste din apusul Europei (Franța, R.F.G).

[1] Gh. Gheorghiu-Dej, *Raport la cel de-al III-lea Congres al Partidului Muncitoresc Romîn*, Editura Politică, București, 1960, pp. 80—81.



Vedere parțială de la Co

Ceea ce s-a petrecut în domeniul cercetării și industriei chimice în țara noastră în anii puterii populare reflectă marile transformări revoluționare ale economiei și culturii noastre în ansamblu.

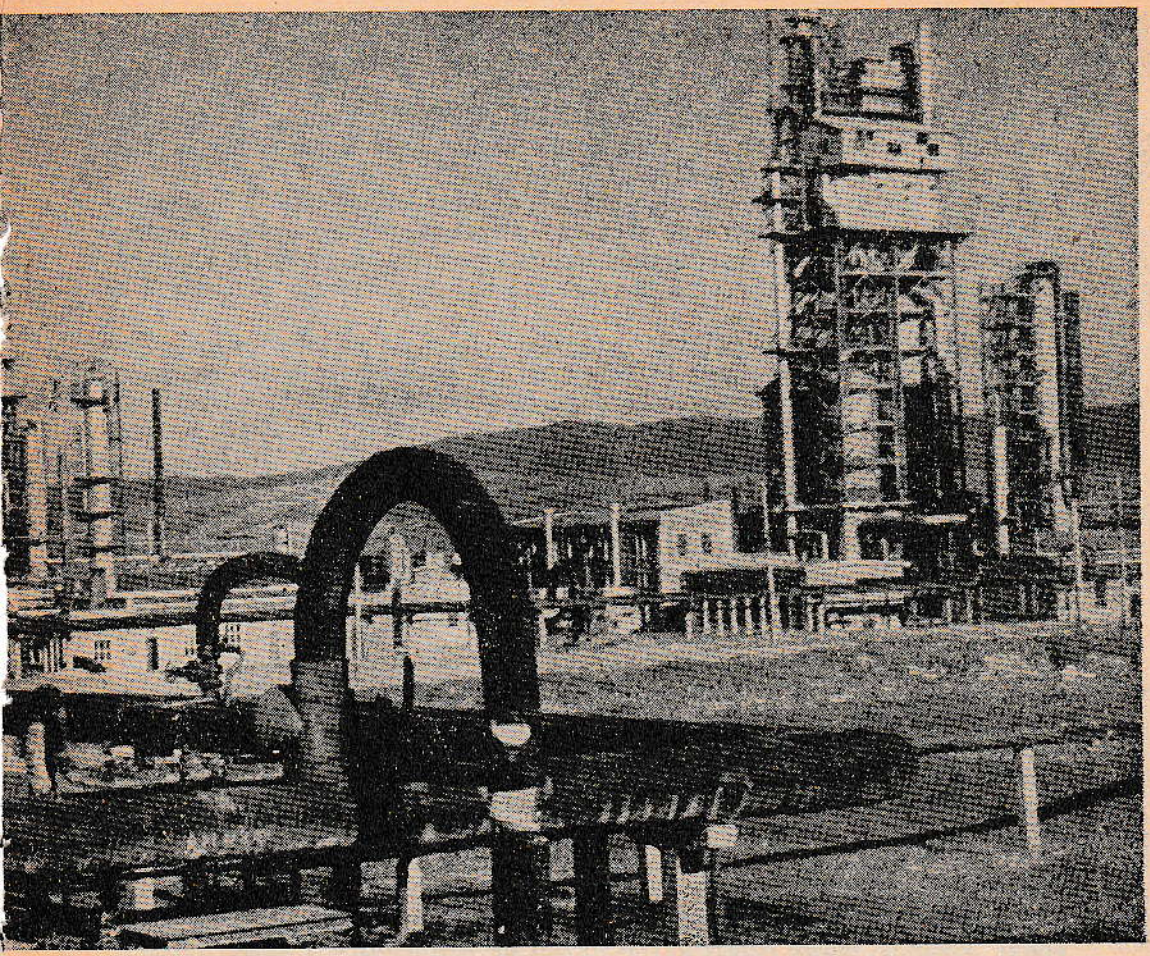
Bogățiile țării noastre, jefuite ieri de trusturile „Imperial Chemical Industry" (Anglia), „I.G. Farbenindustrie" (Germania), „Royal Dutch Shell" (Anglia), „Standard Oil" (S.U.A.), care ne-au lăsat moștenire ateliere de ambalat mărfurile străine, sînt astăzi materii prime ale industriei socialiste din R.P.R.

În țară funcționau rafinării de petrol, dar produsele lor deveneau surse de venituri sau rezerve strategice ale trusturilor imperialiste.

Cantități uriașe de minereuri de mangan, de bauxită, serpentin și concentrate piritoase luau, în timpul regimului burghezo-moșieresc, calea străinătății. Metanul se risipea în cele patru vînturi.

Exista o singură întreprindere chimică de îngrășăminte minerale, Fabrica de cianamidă de la Tîrnăveni, — dar și aceea a fost demontată în 1937, sub pretextul lipsei de cerere pentru asemenea produse.

Nu aveam nici o fabrică de medicamente de sinteză, nu se produceau coloranți. Importam toate produsele ajutătoare pentru industria textilă a pielăriei.



lexul chimic — Borzeşti

Astăzi, producem în cantităţi tot mai însemnate îngrăşăminte minerale, azotoase şi fosfatice. Producem sute de tipuri de medicamente şi, printre acestea, medicamente antituberculoase, zaharină, insulină, medicamente antiepileptice, vitamine, hormoni, alcaloizi.

Producem astăzi coloranţi pentru nevoile ţării şi pentru export.

În anii din urmă au apărut ramuri noi ale industriei chimice. Producem tananţi vegetali, necesari industriei de pielărie; producem pietre de polizor pe bază de carbură de siliciu, electrozi grafitaţi pentru industria chimică şi metalurgică, coloranţi minerali şi organici, substanţe chimice necesare combaterii dăunătorilor în agricultură.

Producem azi cantităţi masive de materiale plastice, iar producţia de cauciuc sintetic va acoperi curînd toate nevoile ţării.

Dacă am încerca să filmăm o zi de activitate chimică în R.P.R. 1962, ar trebui să pătrundem în marile uzine de la Borzeşti, Săvineşti, Iaşi, Turda, Tîrnăveni, Govora, Copşa Mică, Năvodari, în fabricile de la Brăila şi Palas, în fabricile de coloranţi şi în cele de prelucrare a maselor plastice, în marile uzine care intră sau îşi pregătesc intrarea în producţie, la Popeşti-Leordeni sau

Ploiești, în atelierele de proiectare ale IPROCHIM-ului, unde se zămislesc instalațiile noilor combinate chimice prevăzute pentru șesenalul în curs și pentru planul de perspectivă.

Din halele largi și luminoase ale uzinelor, ar trebui să trecem în laboratoarele uzinelor de cercetare, unde vom găsi tineri cercetători aplecați asupra problemelor curente ale producției, inovînd procedee de creștere a randamentelor instalațiilor și creînd instrumente noi de măsurare și control al calității.

Ar trebui să prindem pe peliculă experiențe efectuate în laboratoarele centrale de cercetare de pe lîngă uzinele mari, să pătrundem în laboratoarele și atelierele institutelor de cercetări departamentale: ICECHIM, CHIMGAZ, PETROCHIM, ICPSH[1]; să trecem apoi în laboratoarele centrelor și institutelor de cercetare chimică ale Academiei R.P.R. și, în sfîrșit, în laboratoarele catedrelor de chimie fizică, organică, anorganică, tehnologică și analitică ale universităților și politehnicilor din marile orașe ale țării.

Am obține astfel imaginea acestui chimist colectiv, care integrează muncitori și tehnicieni, profesori și academicieni, chimiști și ingineri, crescuți în „cetățile chimizării" patriei și în școlile profesionale, tehnice și superioare de chimie.

Acest cercetător chimist colectiv participă azi, conștient de măreția operei de construcție a socialismului, sub îndrumarea partidului, la munca pasionată de aplicare a „luminilor din retortă" în tehnologia chimică și de descoperire a unor noi cunoștințe și adevăruri prin experiența chimică.

În tinerele uzine chimice ale patriei, tineri tehnicieni, chimiști și ingineri se mișcă plini de siguranță printre uriașele reactoare sau în fața tablourilor de comandă. Ei trăiesc acest sentiment, pe care nici o generație anterioară de chimiști romîni nu l-a cunoscut, sentimentul transformării continue a visului în realitate.

„... Aici e secția de hexaclorhexan, aici va începe mîine producția de rășini epoxi, acolo se înalță construcțiile secției de petrochimie a uzinei noastre, care va intra în producție peste 3 luni...". Așa îți vorbesc tinerii ingineri chimiști ai uzinelor chimice ale Republicii, cu certitudinea pe care le-o dă ritmul înfăptuirilor de pînă acum și încrederea în propriile lor forțe și programul de viitor elaborat de partid, pe baza analizei științifice, profunde și multilaterale a ansamblului economiei, a necesităților ei de dezvoltare și a posibilităților ei concrete.

În cadrul planului de șase ani, partidul a prevăzut construirea unor noi întreprinderi moderne de prelucrare superioară a țițeiului și a unor noi fabrici și combinate chimice.

Cuvintele partidului devin realitate turnată în beton și metal. Prin conductele anticorosive curg produsele distilării petrolului spre agregatele de cracare și sinteză.

Să ne oprim o clipă pe valea Trotușului, în fostul sat Borzești, unde domnea altă dată colbul trist al drumurilor de căruță.

Ne vor întîmpina aici luminile orașului muncitoresc Onești, clădirile înălțate pe spații mari, aerate, ale rafinăriei Onești, Combinatul de cauciuc sintetic, Combinatul chimic și termocentrala — grupate într-un vast și armonios complex petrochimic cu propria sa inimă energetică. Sodă caustică produsă prin

[1] Institutul de cercetări și proiectări pentru stuf, celuloză, hîrtie.

electroliză din saramura scursă în flux continuu în uzina de produse sodice, unități de sinteză organică, cea mai mare unitate de antidăunători din Europa...
Aci, pe valea Trotușului, visul lui Teclu, Poni, Edeleanu, se amplifică și ia forma materială a miilor de tone de produse chimice.
La Săvinești, cercetătorii uzinei au izbutit să înlocuiască acidul adipic de import cu acid acetic, materie primă fabricată în țară. Aici este sursa acelui produs răspîndit azi în toate orașele și satele țării: relonul romînesc. Aici se produce fibra sintetică rolan. Filierele scot miliarde de metri de fire pentru țesături rezistente, elegante, suple.
Aproape de frumusețea Cheilor Turzii vei descoperi frumusețea unor uzine de produse anorganice și organice. Și aici, imensele cantități de sare curg direct în conductele instalațiilor cărate de apa introdusă în salină, după un ingenios procedeu romînesc. Puternice instalații de electroliză produc sodă caustică și clor din saramură; clorul arde în sobe de sinteză cu hidrogenul, producînd o flacără continuă și cuminte, stăpînită prin telecomandă și reglată automat.
Aici se aplică procedeul fotochimic de sinteză a derivaților halogenați. Clorul din sare dă tetraclorură de carbon, insecticide și fungicide pentru ogoarele patriei, policlorură de vinil.
Dacă vei pătrunde în laboratorul de cercetări al uzinei, vei întîlni poate un chimist și un electronist experimentînd un „nas electronic" pentru perceperea celor mai slabe urme de gaze din halele uzinei sau un procedeu de măsurare rapidă și automată a urmelor de oxigen, hidrogen sau clor.
La Rîșnov vei întîlni în uzină alți cercetători, rezolvînd problema condițiilor optime de polimerizare a acetatului de vinil obținut din acetilena produsă din metanul nostru cracat în arcul electric.
La Roznov îi vei găsi încercînd rețete optime de îngrășăminte azotoase. Producem astăzi în instalații moderne alcool metilic, care este un admirabil solvent și un produs intermediar în industria organică de sinteză, materie primă pentru mase plastice și rășini sintetice.
La combinatul chimic „Karl Marx" vei găsi pe manipulatorii izotopilor radioactivi experimentînd, controlînd cu trasorii și contoarele de particule radioactive, mersul fabricației carbidului, a sodei caustice, a bicromatului de potasiu.
În diferite uzine vei găsi instalații proiectate de ingineri romîni, construite de tehnicieni și muncitori din țară, pentru prelucrarea metanului și altor avuții ale subsolului nostru,—între altele în vederea producției de îngrășăminte agricole. Din gaz metan, acid cianhidric pentru rolanul de la Săvinești.
Privești o hartă a țării. În Moldova — la Iași, Bicaz, Piatra Neamț — la Brăila, pe malul mării la Palas-Constanța, în Muntenia și Transilvania, în Banat și Oltenia, se înalță coșurile uzinelor chimice în care se înfăptuiește marea operă a chimizării. Dar toate aceste înfăptuiri sînt abia începutul transformărilor pe care le vom trăi în domeniul industriei noastre chimice. Sarea, țițeiul, gazul metan, calcarul, minereurile de tot felul asigură baza de materii prime pentru industria chimică. Deșeuri agricole, deșeuri ale produselor alimentare, stuful din Delta Dunării devin surse materiale ale producției.

Cercetarea celor mai bune mijloace de chimizare a materiilor prime, a agriculturii, a industriei nechimice preocupă pe savanții noștri mai vîrstnici și mai tineri. Lucrările oamenilor de știință au demonstrat posibilitatea de a prelucra gazele de sondă și cele de cracare produse de industria petrolului, în cauciuc sintetic, în solvenți, în fire cum sînt capronul și nailonul, în substanțe care ucid insectele vătămătoare.

O industrie chimică în plin avînt, înzestrată cu tehnica cea mai modernă, un învățămînt superior și tehnic în continuă dezvoltare, laboratoare de cercetare bine utilate, integrarea tuturor cercetărilor fundamentale și aplicative într-un plan unic, orientarea sigură dată de partid muncii științifice spre obiectivele esențiale ale progresului științific, tehnic și economic, entuziasmul și orizontul larg al oamenilor de știință și tehnicienilor însuflețiți de ideile partidului, — iată cîteva din condițiile mulțumită cărora cercetarea științifică, devenită o forță nemijlocită de producție, dă roade tot mai îmbelșugate.

Succesele țării noastre pe tărîmul chimiei sînt totodată o dovadă grăitoare a rodniciei relațiilor economice de tip nou statornicite între țările socialiste, a eficienței ajutorului frățesc pe care ni-l acordă Uniunea Sovietică pe tărîm științific și tehnic. În colective mixte, prin participare reciprocă la sesiuni de comunicări științifice, precum și prin fluxul viu al documentării, cercetătorii chimiști ai uzinelor și institutelor noastre, alături de cercetătorii sovietici și ai celorlalte țări prietene, contribuie la progresul general al chimiei.

După cum se știe, țările socialiste au luat de comun acord măsuri pentru a ridica pe o treaptă mai înaltă colaborarea lor economică și tehnico-științifică pe baza adîncirii și lărgirii diviziunii internaționale socialiste a muncii, a cooperării și specializării. Aceste măsuri vor da neîndoios roade bogate și în domeniul chimiei.

Cercetătorii din trecut nu cunoșteau bucuria înfăptuirii, pe care o dă aplicarea rapidă a rezultatelor în producție. Un singur exemplu ar fi de ajuns. Chimiștii au cercetat stuful, au determinat substanțele ce se pot obține din stuf, au găsit condițiile în care se poate prelucra stuful, producîndu-se celuloză, hîrtie etc. În trecut, toate acestea ar fi rămas înmormîntate în dosare, peste care s-ar fi așternut praful anilor. Azi, tractoare special construite calcă atent pămînturile mobile ale deltei, combine speciale seceră și leagă tulpinile de stuf, iar Combinatul chimic pentru prelucrarea stufului produce hîrtie, celuloză, furfurol.

E doar un exemplu, dar se pot da zeci de asemenea exemple în petrochimie, în industria coloranților, a cauciucului, a medicamentelor.

Cercetători tineri, unii din ei specializați în U.R.S.S. și în alte țări, mînuiesc aparatele cele mai noi ca principiu de funcționare, ca tehnică constructivă, ca performanță. Nici un cercetător din trecut n-ar fi putut spera să lucreze în țară cu utilajul de vîrf al epocii.

Planurile institutelor și centrelor chimice ale Academiei, cuprinsul revistelor Academiei, politehnicilor și facultăților, ale ASIT-ului, îți dau imaginea ritmului viu al cercetării, care corespunde dezvoltării economiei noastre. În fața ochilor noștri se înalță imaginea viitorului apropiat el chimiei din patria noastră.

Din gazele obținute de la coxificarea cărbunilor, din produsele de distilare a țițeiului, din apă și aer, din sare, din lemn și frunze, din nisip se vor produce în cantități mult mai mari decît astăzi, în cantități care vor satisface toate cerințele oamenilor muncii, mase plastice, fibre și cauciuc sintetic, uleiuri, coloranți în nuanțe mai vii și mai strălucitoare decît ale curcubeului, medicamente împotriva celor mai crunte boli.
Mobile, îmbrăcăminte, obiecte de sport și de artă, aparate, mașini, vehicule aeriene și de apă se vor confecționa din materialele produse de industria chimică sau prelucrate chimic în alte industrii.
Uzinele chimice vor produce milioane și milioane de metri de țesături fine. Se vor fabrica tot mai multe îngrășăminte pentru ogoarele patriei, înmulțindu-se și pe această cale rodul ogoarelor; se vor crea noi mijloace chimice de luptă împotriva dăunătorilor și buruienilor. Avioanele vor presăra ogoarele cu substanțe care ucid buruienile, înlocuind astfel plivitul cu mîna. Se vor produce noi mijloace pentru conservarea alimentelor și se vor fabrica alimente gustoase și ieftine din materiile prime agricole pe care le produce țara noastră.
În mine, în industria metalurgică, în industria textilă, în viața de toate zilele, pretutindeni va fi prezentă chimia.
Iar casele noastre vor căpăta un aspect mai îmbietor, îmbrăcămintea și încălțămintea noastră vor da străzilor orașelor un aspect sărbătoresc; copiii noștri vor descifra ca pe un alfabet simplu formulele chimice care astăzi par complicate și de neînțeles.
Cuceririle chimiei vor face întregul nostru mediu de viață tot mai plăcut, mai plin de culoare, mai potrivit cu cerințele și gusturile noastre, al căror nivel va crește de asemenea necontenit.

* * *

Am străbătut în paginile acestei cărți cîteva momente din istoria chimiei. Ele alcătuiesc un fragment din istoria generală a cunoașterii, prin desăvîrșirea și folosirea căreia omenirea izbutește să treacă din imperiul necesității oarbe în lumea libertății reale.
Abia în condițiile create de revoluția socialistă, rezultatele cercetărilor științifice se integrează direct în patrimoniul popoarelor.
Însușită, dezvoltată și mînuită de constructorii societății eliberate de exploatare, chimia — în ansamblul tuturor științelor despre natură și societate — contribuie la îmbogățirea și înfrumusețarea vieții omenești.

Din bibliografie [1]

K. MARX, *Teze despre Feuerbach*, în MARX-ENGELS, *Opere*, vol. 2, Editura Politică, 1958, pp. 5—7.

K. MARX, *Capitalul*
Vol. 1, Ed. a III-a, E.S.P.L.P., București, 1957.
Vol. 2, Editura P.M.R., București, 1951.
Vol. 3, Partea I, E.P.L.P., București, 1953.
Vol. 3, Partea a II-a, E.P.L.P., București, 1953.

F. ENGELS, *Anti-Dühring*, E.P.L.P., București, 1955.

F. ENGELS, *Dialectica naturii*, Editura Politică, 1959.

F. ENGELS, *Ludwig Feuerbach și sfîrșitul filozofiei clasice germane*, în K. MARX, F. ENGELS, *Opere alese în două volume*, vol. 2, ed. a II-a, pp. 388—418, E.S.P.L.P., București, 1955.

V.I. LENIN, *Materialism și empiriocriticism*, în *Opere*, vol. 14, Editura Politică, 1959.

V.I. LENIN, *Caiete filozofice*, E.S.P.L.P., București, 1956.

V.I. LENIN, *Imperialismul, stadiul cel mai înalt al capitalismului*, *Opere*, vol. 22, Editura Politică, București, 1952.

* * *

ARBUZOV A.E., *Studiul scurt al dezvoltării chimiei organice din Rusia*, Editura Tehnică, București, 1950.

BERTHELOT M., *Originile alchimiei*, Paris, 1885.

BERTHELOT M., *Introducere la studiul chimiei anticilor și a evului mediu*, Paris, 1889.

BOGDAN P., *Dezvoltarea chimiei în Romînia*, București, 1927 (în limba franceză).

BLOCH M.A., *Cronologia celor mai importante evenimente din domeniul chimiei*, Leningrad, 1940.

BUGGE G., *Cartea marilor chimiști*, vol. 1, 2, Weinheim, 1955.

BUGGE G., *Alchimistul*, Berlin, 1941.

FACCA G.C., *Alchimia și alchimiștii*, Milano, 1954.

FIGUROVSCHI M.A., *Chimia la Universitatea din Moscova timp de 200 de ani* (1755—1955), Moscova, 1955.

FIERZ-DAVID H.E., *O istorie a dezvoltării chimiei*, ed. a II-a, Basel, 1952.

GAUGENMÜLLER W., *Alchimia în evul mediu*, Padeborn, 1937.

[1] Din bibliografia folosită s-a indicat aci doar un număr restrîns de opere ale clasicilor marxism-leninismului și de lucrări de ansamblu din domeniul istoriei chimiei.

LEICESTER H. şi KLINCKSTEIN H., *Istoria chimiei 1400—1900*, New York, 1952.
LIPPMANN F.O., *Apariţia şi răspîndirea alchimiei*, vol. I, II, Berlin, 1919, 1931.
LOCKERMAN G., *Istoria chimiei*, I — *Din vechime şi pînă la descoperirea oxigenului*, Berlin, 1950.
LUKIANOV P.M., *Istoria întreprinderilor chimice şi industriei chimice în Rusia pînă la sfîrşitul sec. al XIX-lea*, vol. I, Moscova, Leningrad, 1948 — 1949.
KAPUTINSKI A.F., *Studii asupra chimiei anorganice şi chimiei fizice în Rusia de la Lomonosov pînă la Marea Revoluţie Socialistă din Octombrie*, Moscova, Leningrad, 1949.
KOPP H., *Alchimia în vechime şi în secolele mai apropiate — o contribuţie la istoria culturii*, Heidelberg, 1886.
MARCARD R., *De la piatra filozofală la atom*, Paris, 1959.
MASSAIN H., *Chimie şi chimişti*, Paris, 1955.
MENŞUTKIN B.N., *Chimia şi căile ei de dezvoltare*, Moscova, Leningrad, 1937.
MEYER E., *Istoria chimiei*, Leipzig, 1895.
MOORE F.J. şi HULL W.T., *O istorie a chimiei*, New York, 1939.
NECHAEV I., *Elementele chimice. Fascinanta istorie a descoperirii lor şi a celebrilor cercetători care le-au descoperit*, Londra, 1946.
PETRESCU G.Z., *Zorile chimiei şi alchimia*, Bucureşti, 1925.
POCE M., *Chimia epocii preistorice şi preromane*, Roma, 1926.
RĂDULESCU D., *Starea actuală a chimiei în Romînia*, Cluj, 1924.
READ J., *Prin alchimie la chimie*, Londra, 1940.
RIPAN, R., *Cercetări din domeniul chimiei puse în slujba valorificării bogăţiilor naturale din R.P.R.*, Bucureşti, 1959.
SOLOVIEV I.I., *Studiu istoric al analizei fizico-chimice*, Moscova, 1955.
STEPANOV B., *Istoria unei mari legi*, Moscova, 1949.
STRUBE I., *Imagini din trecutul chimiei*, Jena, 1960.
TODERICIU D., *De la alchimie la chimia modernă*, Bucureşti, 1960.
VOLFKOVICI S.V., *Chimia sovietică. Stenograma unor lecţii publice*, Moscova, 1953.
WALDEN P., *Istoria chimiei*, Bonn, 1950.
WALDEN P., *Trei milenii de chimie*, Berlin, 1944.
WALDEN P., *Tabele cronologice sinoptice referitoare la istoria chimiei din cele mai vechi timpuri pînă în prezent*, Göttingen, 1952.
*** *Din istoria chimiei ruse şi sovietice. Rolul oamenilor de ştiinţă de la Universitatea din Harkov în dezvoltarea chimiei*, Harkov, 1952.
*** *Materiale în legătură cu istoria chimiei ruse*, Moscova, 1953.
*** *Lucrările Institutului de istorie a ştiinţelor naturii şi tehnicii al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S.*, vol. 18, *Istoria chimiei*, Moscova, 1958.
*** *Marea Enciclopedie Sovietică*, articolele *Alchimie*, *Chimie* şi altele.
*** *Contribuţii la istoria dezvoltării Universităţii din Iaşi* (1860—1960), vol. 1 şi 2 Bucureşti, 1960.
*** *Problemele istoriei ştiinţei sovietice (cap. II, Ştiinţa chimiei)*, Moscova-Leningrad, 1949.
*** Articole despre istoria chimiei şi despre chimişti romîni din revistele: „Natura", Bucureşti; „V. Adamachi" Iaşi; „Chimie" A.S.I.T., Bucureşti etc.

Abderhalden E. 288
Abraham Eliazar (Rabbi) 68
Ach L. 285
Achard F.K. 222
Addison Th. 395, 398
Africanos 43
Agricola (Bauer Georg) 61, 74, 76, 85
Albert („cel Mare") v. Bollstädt
Aldrich 395, 397
Alembert J. (D') 67, 112
Al-Hazini 40
Alihanov A. 220
Al-Razi (Abu-Bakr Muhammad-ibn-Zakariya) 30, 43, 44
Ampère M.A. 140, 161, 162, 170, 267
Anaxagora 25
Anaximandru 25
Anaximene 25
Andrianov K.A. 384
Angelescu E. 437, 438 449
Ängström A. J. 256
Antonov N. I. 348
Apollonius 35
Appert N. 210
Arago Fr. 141, 146, 200
Arcet J.P.J. (D') 127
Arhimede 35, 420
Aristotel 18, 26—29, 35, 41, 52—54, 56, 58, 63, 66
Armstrong E. F. 273, 287
Arrhenius S. 307, 309—311, 330, 442
Artephius 84
Asachi Gh. 431
Ashton F.W. 353
Avdiev V. I. 17, 32
Averani 127
Avicenna (v. Ibn-Sina)
Averroes 52
Avogadro A. 161, 162, 163, 170, 325, 330
Avramenko K.I. 340

Bacaloglu Em. 436
Bacon Fr. 30, 47, 64—67, 93, 94, 95, 105, 106
Bacon R. 58—59, 65, 94
Backeland L.H. 376, 377
Baeyer A. 196, 197, 280, 285, 376
Balard A. J. 210, 211, 216
Banks J. 133
Banting F. G. 395
Basedow K. 396
Basil Valentin (Basilius Valentinus) 55, 57, 97
Bauer G. (vezi Agricola)
Baumé A. 123, 127, 148
Bazarov A. 262
Becher J. J. 84, 102
Becquerel H. 209, 319, 343, 344, 348
Beddoes Th. 135
Beketov N. N. 258, 267, 268
Benedictus 367
Bernard C. 201, 202, 394, 395
Bernoulli D. 106
Berthold A. 252
Berthelot M. 238, 239, 243, 245, 279, 280, 298, 301, 434
Berthollet C. L. 113, 129, 131, 149, 151, 157, 162, 163, 164, 205, 286, 300, 365
Berzelius J. J. 122, 136, 138, 144, 162, 164, 166—172, 175, 180, 182, 184—186, 208, 211, 226, 227, 231, 243, 244, 252, 295, 334, 431
Best C. H. 395
Bielinski V. G. 235
Biot J. B. 159, 210—213, 215, 216, 300
Biringuccio V. 74, 75
Bizaglia 69
Bîzov B. V. 370, 374
Black J. 129
Bodenstein M. 339
Bogdan P. 442, 444, 445
Bohr N. 266, 336, 349
Boisbaudran Fr. Lecoq 264, 273, 345
Bollstädt (Albert von) 52
Bolos (vezi Democrit-falsul)
Boltzmann L. 324
Borch 102
Bothe W. 353
Böttger J. Fr. 84—89
Bottomley J. T. 343
Bouchard G. 368
Boussingault J. P. 159
Boyle R. 67, 79, 83, 93—100, 107, 108, 110, 116, 119, 121, 124—126, 157, 308
Bragg W. 350
Bragg W. L. 350
Brandt H. 79, 81—83, 97, 121
Braun H. 197
Briani C. 69
Briouillin M. 323
Brisson 127
Brockmann 393
Broglie L. 336
Brown R. 312
Brown-Séquard Ch. 395
Brunnes 159
Bruno Giordano 64
Budișteanu 439
Buffon G.L.L. 70
Bunge G. 388—390

Bunsen R. W. 178, 200, 210, 244, 251—256, 327, 328, 345, 414
Butlerov A. M. 105, 177, 178, 217, 219, 235, 242—249, 252, 259, 261, 280, 285, 310, 336, 365, 367, 368, 377
Byk 219

Cadet L. C. 127, 253
Cadwick J. 353
Cagniard de la Tour Ch. 226
Calistru C. 435
Canizzaro S. 162
Cantemir D. 428, 429
Carlisle A. 133
Carneades 95, 96
Caro H. 197, 281
Carothers W. H. 379
Cassini G. D. 94
Cavell A.C. 110
Cavendish H. 104, 113, 116—119, 122, 125, 129, 272, 273
Caventou J. 179
Cauchois Y. 355
Cernătescu R. 445—446
Cernîșevski N. G. 235
Chaborski G. 443
Chardonnet St. H. 366
Charles A.C. 123, 136, 140
Charpy G. 270
Chaulnes M.F. 124
Chevreul M. 236
Chodat R. 443
Cicibabin A. E. 328
Cihac I. 431
Ciugaev L. A. 411—413
Clausius R. 307
Clément-Desormes N. 225
Cleopatra (alchimista) 37
Cleve P. Th. 265
Cobălcescu Gr. 436
Co-Fun 20
Condamine Ch. M. 368
Condorcet J.A.N. 123
Copernic N. 64, 95
Cordus Valerius 74
Cornberg A. 292
Cornu A. 322
Costăchescu N. 443, 444
Cotton 219
Coulomb Ch. A. 113, 119
Couette M. 421
Couper A. S. 241, 247
Courtois B. 139
Crafts M. J. 227, 384
Crookes W. 253, 255, 261, 271, 273, 348
Curie (Sklodovska-) M. 342, 344 — 347, 350, 352—354, 356, 414
Curie P. 342, 344—347, 350, 353, 354, 356, 414

Daguerre L. 200
D'Alembert J. (vezi Alembert)
Dalton J. 108, 122, 151—156, 161, 163, 167, 168, 170, 172, 262
Dam W. (van) 394
Dampier W. C. 58
Dănăilă N. 443
Danilevski A. I. 199, 286
Daniell J. Fr. 145, 252, 306
Darmstadter L. 245
Darwin Ch. 178
Davila C. 431, 436
Da Vinci (v. Vinci)
Davy H. 122, 135—142, 159, 164, 166, 167, 171, 172, 200, 208, 224, 225, 226, 253
Debierne H. 346; 347
Debray H. 204, 205, 207
Deimann 133
Democrit 26, 95, 156
Democrit (falsul, Bolos din Mendes) 35, 36, 43
Descartes R. 93
Deville H. St.-Claire 200—209, 227, 252, 298, 300, 434
Dewar J. 273, 347
Diderot D. 112
Diodor 13, 14
Dioscoride 187
Djabir (Abu-Musa-Djabir-ibn-Haiyan) 40—47
Döbereiner J. W. 224, 225, 226
Dobroliubov N. A. 235
Dokuceaev V. V. 368
Drake N. L. 437
Drikos G. 219
Drimuș I. 432, 437, 439
Drummond Th. 254
Dubois Fr. de le Boë (Franciscus Sylvius) 74, 79, 80, 102, 119
Dubois R. 245
Duclaux J. 443
Dufour M. 168, 207, 295
Dulong P. L. 240
Dumas J. B. 120, 122, 159, 185, 210, 211, 216, 236, 237, 262

Ebelman J. 384
Edeleanu L. 432, 439, 440, 463
Ehrlich P. 401
Eickhorn H. 410
Eijkman Ch. 391
Einstein A. 229, 320, 356, 358
Eleuterius 95
Emmanuel M. N. 341
Empedocle 25, 26
Enescu A. 439
Engelhardt V. A. 405
Engels Fr. 13, 27, 56, 57, 63—66, 93, 101, 123, 152, 176—178, 197, 249, 262, 279, 291, 294, 299
Epicur 26, 27, 95, 156
Eratostene 35
Erlenmeyer E. 244
Ermolieva Z. V. 400
Esparguet J. 57
Euclid 35, 52
Euler L. 106, 108
Eumenes 19
Evans H. M. 394

Faraday M. 108, 122 139—145, 180, 200, 208, 306, 330, 422
Farorski A. E. 368, 369, 370, 372, 380
Favre P. A. 298, 299
Feil 269
Fermi E. 356—358
Fierz-David H. E. 36, 37, 57
Fischer E. 178, 280—288, 365, 367, 378
Fischer F. 230
Fischer O. 282
Fittig R. 237, 280, 282, 328
Fleming A. 399, 400
Fleorov G. N. 356, 357
Flick 228
Fokin S. A. 230
Foster M. 388
Foucault L.J.B. 251, 254
Fourcroy A. Fr. 131
Fourneau 402
Frankland E. 184, 237, 265
Franklin B. 112
Fraunhofer J. 250, 251, 254, 256
Frenkel I. I. 233, 234
Fremy E. 159, 269
Friedel Ch. 227, 384, 437
Fritșe I. F. 190, 193
Fröhlich A. 392
Funk K. 390—392

Gahn J. G. 83
Galen 50, 52, 72, 79
Galilei G. 53, 64, 68, 93—95, 100, 113, 153, 156

Galvani L. 136
Gassendi P. 93, 95, 97, 156
Gavrilov N. I. 289
Gay-Lussac J. L. 108, 122, 144, 157—165, 167, 168, 170, 179, 180, 181, 200, 207, 210, 222, 308, 327, 328
Geber (v. Djabir) 45, 46
Gelmo P. 402
Geoffroy E. Fr. 103
Gerhardt Ch. Fr. 186, 194, 201, 211, 243, 246
Gheorghiu C. V. 441, 442
Gheorghiu-Dej Gh. 376, 459
Gibbs W. 301—303
Giesel Fr. 347
Glauber J. R. 74, 77, 80, 81, 86
Glendenin L. E. 355
Glenn Th. S. 342, 356
Goethe J. W. 187, 188, 223, 224
Goldschmidt H. 268
Gomberg M. 328
Goodyear Ch. 367, 368
Graebe K. 196, 197
Graham Th. 312
Griess P. I. 281, 441
Grosseteste R. 52
Grunberg-Manago M, 292
Guericke O. 94, 95
Guernay G. 254
Guéron I. 437
Guimet J. B. 182
Guyton (de Morveau) 131
Guldberg C. M. 300

Haber F. 228, 229, 274, 372
Hagenbach J. E. 421
Hahn O. 220, 348, 356, 357
Hales St. 102, 116
Hanchwith 83
Hantzsch A. 441
Harvey W. 93
Hautefeuille P. G. 204
Haüy R. J. 211, 212
Hegel G.W. Fr. 123, 177, 193
Helmholtz H. 300, 330
Helmont J. B. (van) 74, 77—81, 102, 118, 124, 126, 428
Helvetius C. A. 112
Henry V. 370
Hensing J. Th. 83
Hempel K. W. 189
Heraclit 25
Hérissant 124
Herrera Tordesillas A. 368
Herschel J. Fr. W. 250, 251, 414
Herţen A. I. 235
Hess H. H. 295—298, 300
Hinshelwood C. N. 234, 340
Hiparh 35
Hipomene 30
Hipocrate 52
Hissinger W. 137, 166
Hittorf J. W. 306, 342
Hobbes Th. 93
Hobst 392
Hodakov I. V. 350
Hoff I. H. (van't) 178, 219, 249 ,284, 303, 304, 305, 308, 309, 323
Hofmann A. W. 193—195, 197, 199, 439
Hofmeister Fr. 286
Hohenheim P. A. Th. (vezi Paracelsus)
Hollandus I. 73
Homberg W. 102
Hooke R. 93, 95
Hopkins F.G. 390, 393
Hulubei H. 355
Humboldt A. 157—160, 431
Hume D. 113
Huygens Chr. 93
Hyatt J.S. 366
Hyatt J. W. 366
Hypatia 39, 419

Iakobi B. S. 122, 139, 145, 146, 200, 252
Ibn-Sina 44, 45, 52, 388
Ingenhousz J. 116
Ipitis 430
Isambert E. 204, 207
Istrati C. 430, 431, 432, 436—438; 443
Ivanov V. 400
Ivanova S. E. 400

Jacquemart 204
Janssen P. J. 264
Joffe A. F. 233, 234, 448
Joliot-Curie Fr. 353, 354, 356
Joliot-Curie I. 353, 354, 356
John H. 377
Julien Th. 224

Karagunis G. 219
Kapiţa P. L. 423
Kazakov M. 145
Keldîş V. M. 278
Kelvin Th. W. 273
Kékulé A. 241, 244, 247, 248, 328
Kepler J. 93
Kipping F. S. 384
Kirchhoff G. R. 178, 251, 254, 414
Kirchhoff S. K. 210, 221, 222, 225, 226, 251
Kistiakovski G. B. 231
Kiselev P. D. 431
Klaprot M. H. 114, 166
Klaus K. K. 243, 244
Koblukov I. A. 310, 311
Kocher Th. 396
Kohlrausch Fr. 306, 307
Kolbe H. 183, 184, 236, 237, 241, 244, 249, 328
Kolli A. A. 280
Kondakov I. L. 369
Kondatiev V. N. 340
Kondatieva E. I. 340
Konovalov D. P. 304, 305
Konovalov M. I. 436
Komarios 37
Koryta J. 414
Kovalevski A.O. 235
Kuhlmann Fr. 227, 228
Kulibin I. P. 145
Kunckel J. (V. Loewenstern) 84
Kurbatov N. 355
Kurceatov I. V. 220, 357
Kurceatov P. V. 220
Kurnakov N. S. 163, 313
Kützing Fr. 226

Lagrange J. L. 123
Lamy A. 256
Landsberg G, S, 418
Langerhaus 395
Langevin P. 324
Laplace P. S. 123, 130, 131, 279
Lassone J. M. Fr. 117
Laue M. 350
Laurent A. 186, 194, 196, 210, 211, 243
Laussanne 207
Lavoisier L. A. 83, 101, 104, 107, 110, 111, 113, 114, 116, 117, 121—132, 135, 137, 139, 148—151, 157, 158, 166, 167, 172, 180, 201, 279
Lawrance E. 354
Lebedev S. V. 370—374
Le Bel 219, 284
Leblanc M. 139, 159, 237
Le Châtelier H. 204, 303, 304, 312
Leeuwenhoeck A. 93
Leibnitz G. W. 83, 93
Lenin V. I. 293, 317, 318, 321—324, 338
Le Roy Ch. 124, 159
Leuchs H. 287
Leucip 26
Leverrier U.J.J. 262

Libavius A. 74, 77
Lichtenberg G. Ch. 200
Lieberman K. 196, 197
Liebig J. 164, 165, 171, 180, 181, 184—186, 191—194, 200, 226, 227, 246, 279, 327, 338
Lind J. 123
Lindner O. 285
Linné C. 179
Li T. D. 219, 220
Lobacevski N. I. 191
Locke J. 93
Lockyer J. N. 264, 265
Longinescu G. G. 443
Lomonosov M. V. 93, 98, 105—111, 125, 126, 128, 134, 148, 153, 154, 294—296
Lorentz H. A. 319, 320, 330
Loschmidt I. 162
Lovit T. E. 113, 119, 120, 185
Lowray T. M. 110
Lubavin N. N. 227
Lucreţiu 22, 26, 325
Lüdersdorf 226, 227
Ludwig C. Th. 432
Lull Raymond (Raymundus Lullus) 57, 85
Lunge G. 441
Lunin N. I. 389, 390

Mac Callum N. S. 393
Macquer P. J. 124
Maquis 127
Macovschi E. 449
Mahler 298
Malaguti F. J. 237
Malpighi M. 93
Malus E. L. 212
Manassein V. A. 399
Mandelstamm L. I. 418
Marco Polo 187
Marggraff A. S. 83, 125, 221
Maria (alchimista) 36
Marin A. 430, 431
Marinski J. A. 355
Mariotte E. 95, 308
Mariutov N. N. 369
Markovnikov V. V. 248, 310, 436, 438
Marx K. 57, 65, 114, 176, 177
Matarizza 73
Matthey J. 204
Matthiessen A. 253
Maudsley H.G.J. 140
Maxwell C. 144, 178, 319
Mecinikov I. I. 235
Mehedinţeanu T. 430
Meissonier 204
Meitner L. 348, 356
Mellamby J. 393
Melvil 250
Menards R. 14
Mendeleev D. I. 105, 178, 235, 252, 257—266, 270, 273, 305, 311, 342, 346—348, 356, 368, 436
Menşutkin N. A. 257, 258, 368
Merle 204
Meyer K. 262
Mithcell J. 113
Michelson A. A. 320
Micle Şt. 431, 434
Millikan R. A. 330—332
Minovici Şt. 441, 442
Mitscherlich E. 191, 210—213
Moissan H. 268—271
Molière J. B. 54
Mondésir P. 204
Montesquieu Ch. L. 112
Montmorency 159
Moore F. I. 109
Morrin P. 204
Morton A. I. 66, 67
Moruzov N. A. 349
Moseley H. I. 265, 350
Murgulescu I. 448
Misovski L. V. 220

Natta G. 382, 383
Navier L.M.H. 421
Neniţescu C. 365, 383, 447
Nesmeianov N. N. 267, 455, 457
Newcomen Th. 123
Newton I. 93, 101, 102 105, 113, 119, 153, 250, 421
Nicholson W. 60, 113, 133, 135
Niepce J. N. 200
Nilson L. Fr. 264
Norrenberg G. C. 212
Noddack I. 350, 351
Noddack W. 350, 351

Obregia A. 441, 442, 444
Ochoa S. 292
Oersted H. 202
Oliver G. 395
Olmer L. J. 110
Olsewski M. K. 271, 273
Olympiodoros 37
Oppenheimer R. J. 356
Osborne W. A. 421
Osmond F. 312
Ostrogradski M. V. 421
Ostromîslenski I. I. 370, 371, 380
Ostwald Wilhelm 221, 295, 299, 310, 311, 322, 324
Otin C. 443
Oviedo y'Valdas Hernandez G. 367

Palissy B. 69—71
Paneth F. 328
Papus 35
Papin D. 94
Paracelsus (Philippus Aureolus Theophrastus von Hohenheim) 45, 57, 71—74, 77, 78, 118
Parhon C. I. 397
Pascal B. 93
Pasteur L. 202, 210—220, 226, 227, 249, 252
Pauli W. 417
Pauling L. 234, 337
Pelagios 37, 43
Pelletier J. 179
Pelouze J. 159
Perlman I. 342
Perkin W. H. 195, 197
Perrin J. 312, 319, 325—327, 343
Persoz J. F. 384
Perutz M. F. 290
Petrjak K. A. 356, 357
Petrov V. V. 122, 134
Petroveanu M. 440
Petrucci D.
Pettenkoffer M. 262
Pfeffer W. 308
Phillips P. 224
Piazzi G. 166
Pibechios 37, 43
Pisarjevski L. V. 232
Pisarev D. I. 235
Pitagora 25
Planck M. 220, 320, 324
Platon 26, 27, 35
Pliniu (cel Bătrîn) 16, 17, 18, 50, 120, 187
Plisson 216
Poggendorff J. Chr. 188, 190
Poincaré H. 343
Poiseuile J.L.M. 421
Poisson S.D. 421
Pollak F. 377
Polotebnov A.G. 399
Polzunov I. I. 123
Poni P. 431, 432, 434—438, 441, 443, 444, 445, 463
Pontecorvo B. 356, 357
Porta G. (della) 77
Přibl R. 414

Priestley J. 101, 104, 113—120, 122, 125, 127, 128, 131, 135
Privostaye 212
Protagora 26
Proust J. 149, 150, 152, 163
Ptolemeu 52
Puşkin A.S. 107

Racoviţă E. 437
Rai-Co 19
Raman Ch. 418
Ramsay W. 265, 271—273, 346, 347, 424
Raoult F. M. 294, 305, 307—309
Rayleigh J. W. 271—273
Regnault V. 159, 207, 216, 243
Reich F. 256
Reinhard Fr. 209
Rey J. 98, 108, 116
Reymond D. 245
Reynolds 421
Richter J. B. 114, 122, 147, 148, 152, 167, 168, 172
Richter Th. H. 256
Riebuck J. 225
Riegler E. 438
Ripan R. 448—450
Robbia (Luca della) 62, 69
Robiquet J. P. 179, 216
Roentgen W. C. 319, 342
Roghinski S. Z. 232, 234
Romer O. 94
Roscoe 254
Rouelle 127, 148
Rousseau J. J. 112
Runge F. Fr. 179, 188—190, 193—195
Rumford 136
Rusinov L. I. 220
Rutherford E. 320, 347—349, 351—353
Rydberg J. R. 262

Sabatier P. 229
Sadikov V. S. 288, 289
Saint-Gilles P. 300, 301
Saligny A. O. 430, 438
Sanger F. 396
Saussure N. Th. 159
Sauvageot C. 14
Schafer E. A. 395
Schäffer I. Ch. 123
Schatzenberger 437
Schecle K. W. 83, 104, 113, 120—122, 125, 128, 158, 268
Schlenk W. 328
Scholt K. 95
Schöneyder 394
Schorlemmer C. 177, 299
Schrödinger E. 336
Schwab 219
Schwann Th. 226
Schwarzenbach G. 413
Seaborg G. Th. 342, 356, 358
Secenov I. M. 235
Senderens J. B. 229
Semionov D. I. 414
Semionov N. N. 234, 311, 340, 341
Sertürner Fr. W. 179
Servet M. 64
Severin M. 443
Siedentopf H. 312
Silberman J. Th. 238
Sinesios 419
Simionescu C. 433, 435, 445
Skobelţîn D. V. 356, 357
Slătineanu 429
Smith A. 112
Socrate 26, 27
Soddy F. 347, 348
Sokolov N. N. 431
Sorby H. C. 312
Sorel M. 209
Spacu Gh. 411—413, 444—446, 448
Spallanzani L. 210
Spinoza B. 93
Stahl G. E. 84, 102, 103
Staudinger H. 367
Stamate Th. 431
Steege 430
Stephenson G. 175
Stepp J. 390
Stock A. 384
Stokes G. G. 251, 331, 421
Stoletov A.G. 324
Stoney J. 320, 330
Stoltz Fr. 397
Strabon 29
Strassman F. 356, 357
Strecker A. 241, 243
Struve V. I. 431
Suess E. 346
Sure 394
Swift J. 112
Sylvius Franciscus (vezi Dubois Fr.)
Szent-Györgyi A. 234, 393, 404

Şapiro I. S. 220
Şen-Nun 19
Şilling E. M. 200
Şilov N. A. 311

Tache C. 439
Tai-Lun 20
Takamine J. 395, 397
Tales 25
Tammann G. 312
Teclu N. 253, 432—434, 463
Theon 39, 419
Terenin A. N. 234, 404
Terentiev A. P. 219
Thénard E. 164
Thénard L. J. 164, 180, 201, 222, 225, 226
Thöldon J. 57
Thompson J.S.E. 163
Thomsen J. 297, 298, 300
Thomson J. J. 319, 320, 330
Tilden V. 368
Timireazev K. A. 235
Tişcenko V. E. 248
Tollens B. 237
Tonkin 401
Torgioni 127
Toricelli E. 126
Townsend J.S.E. 330
Traube M. 308
Treadwell F. 441
Trevithick R. 140, 175
Troost L. J. 204
Troostwijk P. 133
Tropsch H. 230
Tschirnhaus E. W. 87, 88

Ţerevitinov F. V. 412
Ţvet M. S. 407—409

Unverdorben O. 188, 190
Ure A. 60, 138, 154, 164, 182
Uvarov S. S. 146

Van Dam W. (v. Dam)
Van der Walls (v. Walls)
Van Helmont J. B. (v. Helmont)
Van't Hoff I. H. (v. Hoff)
Vasiliu H. 443
Vauquelin E. 216
Verguin E. 195
Vei Po-Ian 20
Vinci (Leonardo da) 64, 65, 67
Villeneuve A. 57
Vinogradov A. P. 234
Volta A. 114, 133, 134, 136, 147, 158, 200
Voltaire Fr. M. (Arouet) 112
Voskresenski A. A. 196, 258

Waage P. 300
Walls (van der) 325
Wagner 248
Watt Gr. 135
Watt J. 113, 118, 123, 129, 135, 140, 175
Weber J. J. 369
Weigert F. 287
Wenzel K.Fr. 114, 122, 148 295
Wheland G. W. 338
Wiedemann G. 300
Wilhelmy L. F. 300, 301
Wilkinson J. 113, 140
Wilson M. L. 269
Wilson C.T.R. 331, 356
Winkler C. 264
Witt O. 281
Wöhler Fr. 45, 69, 171, 180—185, 191, 192, 196, 200, 202, 203, 210, 235, 236, 242, 246, 279, 327, 384.
Wolkenstein V. 232, 233
Wollaston W. H. 152, 204, 250
Wu C.H. 220
Wurtz A. 209, 237, 238, 241, 244, 328, 434, 437

Yan C. N. 219, 220

Zaharescu—Boierescu L. 432
Zaharia Al. 439, 441
Zaițev A. M. 248
Zeeman P. 319
Zefirescu C. 431
Zelinski N. D. 288, 289
Ziegler K. 382, 383
Zinin N. N. 190—194, 197, 199, 200, 236, 237, 242—244, 259, 267
Zörn 84, 86
Zosimos 37, 38, 40, 43
Zotta M. 431
Zsigmondy R. 312

Cuprinsul

Partea întîi

I. **Experimentatori anonimi** 11
II. **Rădăcinile lucrurilor** 22
Concepții din Orientul antic 22
Concepțiile vechilor greci. Nașterea teoriei atomiste 24
III. **Experiența denaturată** 30
„Arta sfîntă" 31
Alchimia alexandrină 33
Alchimia arabă 39
IV. **Alchimia europeană** 47
Scolastică și alchimie 49
Un vestitor al timpurilor noi: Roger Bacon 58
V. **Zorii științei experimentale** 61
Un titan al Renașterii: Leonardo da Vinci 64
Părintele științelor experimentale: Francis Bacon 65
VI. **Premergători** 68
Emailul transparent. Della Robbia și Palissy 69
Inițiatorul iatrochimiei 71
Contemporani și urmași ai lui Paracelsus 74
Pîlpîirea din retortă 81
VII. **Porțelanul european** 84
De la piatra filozofală la porțelan 87

Partea a doua

VIII. **Descoperirea experienței chimice** 93
Robert Boyle 94
IX. **Flogistonul** 101
X. **Răspuns la o problemă fundamentală** 105
Un fiu de pescar: Mihail Lomonosov 105
O lege fundamentală 107

XI. **Măiestria experimentală** 112
Priestley și „tipurile de aer" 114
Henry Cavendish 117
Un experimentator din Petersburg — T.E. Loviț 119
Prodigiosul Scheele 120

XII. **Împotriva flogistonului** 123
Lavoisier își începe experiențele 124
Întrebări și răspunsuri 126

XIII. **Fundamentarea electrochimiei** 133
V.V. Petrov 134
Humphry Davy 135
Descoperirea unui om: Michael Faraday 139
Legile electrolizei 142
Electrochimie aplicată. B.S. Iacobi 145

XIV. **Triumful atomisticii. Relațiile cantitative** 147
J.B. Richter 147
O controversă de șapte ani. Proust și Bertholet 149
Dalton și „noul sistem al filozofiei chimice" 151

XV. **Descoperirea moleculei. Legile gazelor** 157
Gay-Lussac și legea volumelor 161

XVI. **Chimia, știință exactă** 166
Lucrările lui Berzelius 167

Partea a treia

XVII. **Analiza și sinteza organică** 175
O forță socială nouă, o concepție revoluționară despre lume 176
Se naște chimia organică 178
Prima sinteză organică. Wöhler. Liebig 180

XVIII. **Începutul istoriei coloranților sintetici** 187
Runge investighează gudronul 188
Deschizătorul căii spre anilina sintetică — N.N. Zinin 190
August Hofmann 193
Adolf Baeyer 196

XIX. **Disociația moleculară** 200
Henri Saint-Claire Deville 201
Visul aluminiului 202
O caracteristică a mișcării chimice 205

XX. **Disimetrie moleculară** 210
Pasteur cercetează cristalele 211
Molecula și lumina 216
Disimetria în microcosmul atomic 219

XXI. **Cataliza** 221
Farmacistul experimentator — S.K. Kirchhoff 221
Noi fapte fără explicaţie imediată 222
Fenomenele catalitice 226
Azotul capturat 228
Sinteza organică şi cataliza 229
Cercetări actuale 231

XXII. **Proiectarea construcţiei moleculare** 235
Fapte experimentale 236
Descoperitorul structurii chimice — Butlerov 242

XXIII. **Amprente spectrale** 250
Robert Bunsen 252
La spectroscop 254

XXIV. **Bazele chimiei** 257
D.I. Mendeleev 257
Dialectica elementelor chimice 261

XXV. **Surprizele anorganicii** 267
Henri Moissan 268
La temperaturi înalte 269
„Gazul celei de-a treia zecimale" 271
„Chimia caldă" 274

XXVI. **La hotarele vieţii** 279
Emil Fischer 281
Structura zaharurilor 282
Edificiul proteinic 286
Alte detalii ale structurii proteinelor 288
Biochimie moleculară 291

XXVII. **Momente de chimie fizică** 294
Pionierul termochimiei — H.H. Hess 295
Mişcarea chimică 298
Legi şi reguli ale echilibrului chimic 300
Contradicţii şi realizări 306

Partea a patra

XXVIII. **În adîncurile atomului şi moleculei** 317
O revoluţie în ştiinţă 318
Criza fizicii. Idealismul „fizic" 321
„Energetica" 322
Revoluţia în ştiinţă continuă 324
Realitatea moleculei 324
Radicali liberi 327
Realitatea electronilor 330
Legături intra şi intermoleculare. Complecşi 332
Aproximaţii succesive 335
Lavina reacţiilor 339

XXIX. **Radiochimia** 342
Soții Curie 344
Descendențe radioactive 348
Un nou instrument de cercetare a structurii 349
În căutarea a 5 elemente 350
Transmutație, radioactivitate naturală 351
Transuranienele 356
Chimia atomilor fierbinți; gama-chimia 361
XXX. **Cauciuc și alte molecule-gigant** 365
Primele materiale sintetice 365
Cauciucul sintetic 367
S.V. Lebedev 370
Cauciuc metilic, buna, neopren 372
Cauciuc sovietic 373
Materiale plastice 375
Polimeri organici cu siliciu și fluor 383
XXXI. **Factori ai vieții** 388
Vitaminele 388
Hormonii 394
Antibioticele 399
XXXII. **Destinele chimiei analitice** 406
Cromatografia 407
Schimbătorii de ioni 409
Complexometria 411
Analiza spectrală 414
Mărimi caracteristice de material 419
Metode magnetice 422
Analitica actuală 424
XXXIII. **Chimiști ai țării noastre** 428
Începuturi 429
Nicolae Teclu 432
Petre Poni 434
Constantin Istrati 436
O nouă generație 438
Cercetători - profesori 441
Gheorghe Spacu 443
Radu Cernătescu 445
XXXIV. **Noi orizonturi** 451
XXXV. **Largi perspective ale chimiei în Romînia** 459
Bibliografie 466
Indice de nume 469

Redactor resp. de carte : S. Toma.
Tehnoredactor : Gh. Popovici.

Dat la cules 26.06.1962. Bun de tipar 10.10.1962. Tiraj 10.000+110 exemplare. Hîrtie semivelină de 65 g/m². Format 70×100/16. Coli editoriale 40,11. Coli tipar 30 + 8 planșe. A. 01557. Indici de clasificare zecimală : pentru bibliotecile mari 54(09), pentru bibliotecile mici 54.

Tiparul executat sub comanda nr. 20.700, la Combinatul Poligrafic „Casa Scînteii", Piața Scînteii nr. 1, București — R.P.R.

MAX SOLOMON

LUMINI ÎN RETORTĂ

Lei 25 ,30